

NEUROFYSIOLOGISEN MITTAUSDATAN KULKU HUSLAB:IN PALVELINYMPÄRISTÖSSÄ

Sakari Jantunen
Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri
Tietotekniikka
Insinöörityö
30.11.2011

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Sakari Jantunen Neurofysiologisen mittausdatan kulku HUSLAB:in palvelin- ympäristössä 48 sivua 30.11.2011
Tutkinto	insinööri
Koulutusohjelma	Tietotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tietoverkot
Ohjaaja(t)	sähkötöiden johtaja Tarmo Viren erikoistuva sairaalafyysikko Kirsi Palmu
<p>Tässä työssä on tarkoituksena perehtyä HUS-kuntayhtymän kliinisen neurofysiologian vastuualueen mittalaitteiden datatiedostojen kulkuun verkossa ja tarkastella vastuualueella käytettävien tiedostoformaattien arkistointia palvelimille.</p> <p>Tietosuojakäsike on oleellinen osa sähköistä tallentamista. Potilaan tiedot ovat aina luottamuksellisia ja niiden käyttö vaatii tiettyjä oikeuksia.</p> <p>Biosignaalien suhteen kattavia standardeja ei ole vielä määritelty kliinisessä neurofysiologiassa. Kehitteillä oleva EDF+-tiedostoformaatti ei vastaa myöskään laitetoimittajien tarpeita, kuten DICOM-standardi kuvantamisen saralla. Laitteistokohtaiset tiedostoformaattit aiheuttavat ylimääräistä työtä esimerkiksi arkistoinnin suhteen.</p> <p>Ohjelmistolisenssit ovat osa käytettäviä sovellusohjelmia, ja niiden sijainti selvitetään ohjelmakohtaisesti.</p> <p>EEG-datan etälukumahdollisuuksia tarkastelen langattoman yhteyden toimivuuden suhteen lääkäreiden laptop-tietokoneiden ja palvelimien välillä. EEG-datan lukeminen langattoman yhteyden avulla palvelimelta asettaa haasteita tietoverkolle, koska EEG-datan diagnostinen arvo vaatii tiettyä keräystaajuutta.</p>	
Avainsanat	Tiedostoformaatti, neurofysiologinen biosignaali, langaton yhteys, datapaketti

Author(s) Title Number of Pages Date	Sakari Jantunen Biosignal data formats on Servers database in Neurophysiology 48 pages 31 August 2011
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Information and Communication Technology
Specialisation option	Communication Technology
Instructor(s)	Kirsi Palmu, Specializing Physicist Marko Uusitalo, Principal Lecturer
<p>The aim of the study was to clarify the traffic of the data files within the neurophysiological department of the Hospital District of Helsinki and Uusimaa in the intranet and to research the archiving of the data file format.</p> <p>The biosignals by Clinical Neurophysiology are until now still without international standards. That causes some problems as to making further decision on how to organise and build up new server data base systems in the Hospital area. It is too slow to read patients' EEG-data by using wireless laptop computer from server.</p> <p>3G-connected computer have more difficulties to process EEG –data file than wireless WLAN connected computer in Hospital area. WLAN is not very often possible to use in different hospital areas, but situation will get better in the future.</p>	
Keywords	Biosignals in Clinical neurophysiology, Server, Data packet, WLAN

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Erityyppisiä biosignaaleja ja neurofysiologian laitetekniikkaa	1
2.1	Kliinisen neurofysiologian biosignaalit	2
2.1.1	Aivosähkökäyrän mittaus (EEG)	3
2.1.2	Elektromyografi mittaus (EMG)	4
2.1.3	Laaja ja suppea unipolygramimittaus	5
2.2	Laiteteknisiä perusasioita EEG-mittauksessa	6
2.2.1	Elektrodityypit EEG-mittauksessa	10
2.2.2	Digitaalinen EEG-mittauslaitteisto	11
2.3	Elektrodien sijoitus EEG-myssyssä	14
3.	Biosignaaleihin liittyvät standardit ja tiedostoformaatit	16
3.1	Sairaalassa käytettävät tietotekniikkastandardit	17
3.2	Biosignaalistandardit	17
3.3	Lähi- ja alueverkkostandardit	17
3.4.	DICOM-formaatti ja biosignaalien tiedostoformaatit	19
3.4.1	EEG- ja ENMG-mittauksien signaalit	21
3.4.2	Lääkintälaittekohtaiset tiedostoformaatit	21
4.	Tietokantarakenne SQL ja my SQL HUSLAB:in osalta	23
4.1	Relaatiotietokannat ja rakenne	23
4.2	Käyttöoikeudet HUS-tietojärjestelmän tietokannoissa	24
4.3	Verkkolisenssien tyypit HUSLAB-alueella	24
4.4	Lääkintälaittekohtaiset verkkolisenssit KNF-palvelimen toiminta-alueella	25
4.5	Tietoturvan parannus	26
5.	Tietoliikennetekniikan ja verkkopalvelimen käsitteitä	26
5.1	Datan siirto ja verkkopalvelin	26
5.2	OSI-mallin kerrokset	27
5.3	Kerrosmallin keskeisiä toimintaperiaatteita	28

5.4 Verkko-osoitteen muodostuminen	29
5.4.1 Ethernet-kehyksen rakenteen tarkastelu	31
5.4.2 Reitittimen toiminnot	33
5.4.3. Verkkolaitteiden toiminnot	33
5.4.4 Verkkosegmentit	34
5.5 Langattoman lähiverkon ominaisuuksia	34
5.5.1 Yhteyspiste langallisen ja langattoman verkon välillä	35
5.5.2 WLAN-verkkojen suorituskyvyn arviointi	36
5.5.3 Vuonvarauksen toiminnan ja siirrettyjen kehysten tarkastelu	37
5.5.4 WLAN-verkkoon liittyminen ja työaseman tunnistus	39
6.0 Tietoverkon rakenne HUSLAB-järjestelmässä	41
6.1 Intranetin perusrakenne HUS-tietoverkossa	41
6.2 Datakansioiden rakenne	42
7. Langaton yhteys palvelimelle	44
7.1 Langattoman 3G-yhteyden muodostus arkistopalvelimelle HUS-verkossa	44
7.2 EEG-datan haku WLAN-yhteyden avulla palvelimelta	45
8. Pohdinta	45
 Lähteet	 49

KÄSITELUETTELO

A/D	Analog to Digital Converter, analogia-digitaalimuunnin.
ADC	Analog to Digital Converter, analogia-digitaalimuunnin.
ADHD	Attention deficit hyperactivity disorder, tarkkaavaisuus- ja ylivilkkaushäiriö.
AEP	Advanced Encryption Package, viruksien ja vakoiluohjelmien selaus.
AES	Advanced Encryption Standard, edistynyt salaus standardi.
Ag	latinaksi argentum, hopean kemiallinen merkki.
AppleTalk	Applen kehittämä verkkoprotokolla.
ASP	Active Server Pages, Microsoftin kehittämä ohjelmointimenetelmä palvelin järjestelmässä.
BLOB	binary large object, tietokannan sarakkeen tietotyyppi.
CCMP	Digital Equipment Corporationin, langattomien verkkojen käyttämä salausprotokolla.
CEN	European Committee for Standardization, eurooppalainen standardisointijärjestö.
DECnet	Digital Equipment Corporation, kaupallinen tietoliikenneprotokolla.
DFC	Distributed Coordination Function, kilpailullinen toiminta.
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine, lääketieteellisen digitaalisen kuvantamisen tarpeisiin kehitetty standardi .
DNA	suomalainen tietoliikennekonserni.
EBS	Extensible Biosignal data format, tiedostoformaatti.
EDF	European data format, tiedostoformaatti.
EEG	Electroencephalography, aivojen sähköisten ilmiöiden kuvaaminen.
EMG	Electromyography, lihaksen tutkiminen.
ENG	Elektroneurografia, hermojen toiminnan tutkiminen.
ENMG	elektroneuromyografia, lihasten ja ääreishermoston toiminnan tutkiminen.
EOG	Elektro-okulografia, silmän verkkokalvon lepopotentiaali.

ERP	event-related potential, tapahtumasidonnainen potentiaali.
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum, taajuushyppely.
HASP	Hardware Against Software Piracy, suojausmoduuli.
HUS	Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri.
HUSLAB	Helsingin ja uudenmaan sairaanhoitopiirin eräs liikelaitos.
ICMP	Internet Control Message Protocol, TCP/IP-pinon kontrolliprotokolla.
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, kansainvälinen tekniikan alan järjestö.
IPSS	The International Packet Switched Service, kansainvälinen pakettikytkentäinen verkko.
IPX	Internetwork Packet Exchange, OSI-mallin verkkokerroksen protokolla.
ISO	International Organization for Standardization, kansainvälinen standardisointijärjestö.
KNF	kliininen neurofysiologia.
LAN	Local Area Network, paikallisverkko.
MAN	Metropolitan Area Network, sisältää yhden tai useampia LAN-verkkoja.
MEG	Magnetoencefalografia, aivomagneettikäyrä.
mVpp	peak-to-peak mill Volt, milli voltti huipusta huippuun.
NFS	Network File System, Linuxin tapa jakaa levyosioita verkon avulla.
ODFM	Orthogonal frequency-division multiplexing, monikantoaalto modulointi.
PDU	Protocol data unit, protokollayksikkö.
RPC	Remote procedure call, etämetodikutsu .
SCP	secure copy, tiedostojen siirtoon käytetty protokolla.
SEP	somatosensory evoked potentials, ylä- ja alaraajojen tuntohermoratojen tutkimus.
SFS	suomalainen standardisoinnin keskusjärjestö.
SQL	Sequel, standardoitu relaatiotietokantojen kyselykieli.
SSID	Service set identifier, langattoman lähiverkon verkkotunnus.

TIM	Traffic indication map, tieto torkkuville asemille.
TKIP	Temporal Key integrity Protocol, tietoturva protokolla.
USB	Universal Serial Bus, tietokoneen nopea sarjaliitäntä.
LTP	Line Print Terminal, rinnakkaisportti.
VEP	Visual evoked potential, näköhermovaste.
VINES	Virtual Integrated Network Service, osoitteistusmalli
WLAN	Wireless Local Area Network, langaton virtuaaliverkko.
3G	third generation, kolmannen polven yhteys.

1. Johdanto

Tässä työssä perehdytään neurofysiologisten biosignaalien kulkuun sairaalan tietoverkossa.

HUSLAB:illa on käytössään monta palvelinta, ja osa verkkolisensseistä on jopa työasemilla. Tarkoituksena on kartoittaa klinisen neurofysiologian vastuualueella käytettäviä tiedostoformaatteja, verkkolisenssejä ja tietokantarakenteita. Tiedostoformaatteja tarkastellaan tietyissä neurofysiologisissa potilasmittauksissa käytettävien lääkintälaitteiden mukaan.

Tietoverkkojen peruskäsitteiden ymmärtäminen auttaa ymmärtämään datan kulkua. HUS-tietoverkossa. Langattomien yhteyksien toiminta yhä useammassa paikassa osana tietoverkkoa on tulevaisuudessa mahdollista myös sairaalaympäristössä tietoturvalisesti. Yrityksissä langaton verkko yhdistetään jo olemassa olevaan kiinteään verkkoon. Myös 3G-yhteyden avulla on mahdollista päästä verkkoon.

Punnitsen käytössä olevat etäyhteysvaihtoehdot Elisan-3G ja WLAN HUS:issa, kun langalliseen yhteyteen ei ole mahdollisuutta. Esimerkiksi potilaasta mitattua EEG-dataa lääkäri voi tarkastella omalla kannettavalla tietokoneella myös langattomasti.

2. ERITYYPPISIÄ BIOSIGNAALEJA JA NEUROFYSIOLOGIAN LAITE-TEKNIIKKAA

Biosignaaliilla tarkoitetaan elävän organismin toiminnasta mitattua suuretta, jossa toimintaa seurataan ajan funktiona. Biosignaalit voivat olla sekä sähköisiä että mekaanisia signaaleja. Tässä työssä keskitytään klinisessä neurofysiologiassa mitattuihin signaaleihin.

Fysiologisten mittausten tulos on joukko aikasarjoja tai keskiarvostettuja signaaleja eli aikasarjojen keskiarvoja, esimerkiksi ERP-mittauksissa (tapahtumapotentialiaali) käytettävät mittaussuureet ovat tällaisia. Näin saadaan klinisten biosignaalitutkimusten tulos

erotuksena tekstimuotoisista kuvista ja tutkimustuloksista. Biosignaalitutkimukset ovat osa laboratoriotutkimuksia [1].

2.1 Kliinisen neurofysiologian biosignaalit

Kliinisen neurofysiologian tavallisimmat biosignaalit on kerätty seuraavaan taulukkoon.

Taulukko 1, KNF-osaston biosignaalit

Mittauksen nimi	biosähköinen ilmiö
EEG(elektroenkefalografia)	Mitataan aivosähköisiä ilmiöitä, herätevasteita
EMG (elektromyografia)	Lihaksen tutkiminen
ENG (elektroneurografia)	Tutkitaan hermojen toimintaa
EMG ja ENG ovat ENMG(elektroneuromyografia)	Lihasten sekä ääreishermoston toiminta
MEG	Spontaani aivosähköinen toimintaa ja herätevasteet
unipolygrafia	Unen aikaiset hengityshäiriöt
Elektro-okulografia	silmän verkkokalvon lepopotentiaalia

MEG-mittaukset ovat tulossa tutkimuskäytöstä myös kliiniseen työhön. MEG-mittauksessa mitataan aivotoiminnan aiheuttamia magneettikenttiä. Aivokuoriuurteiden seinämissä on tangentiaalisia virtoja, joista MEG-signaalit syntyvät. Näin voidaan seurata aistinratojen toimintaa esimerkiksi kädestä aivokuorelle ja kartoittaa aivokuorialueiden toiminnallisia piirteitä. [2, s. 369.]

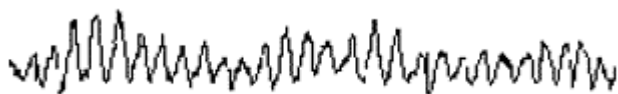
Kun elimistön sähköiseen toimintaan aiheutuu ulkoisen ärsykkeen hetkellinen muutos, sanotaan sitä herätepotentiaaliksi. Herätepotentiaali eli herätevaste on aivojen aikaluokittu vaste stimulaatioon. [2, s. 369.]

Lisäksi mittaamme sydämen toimintaa elektrokardiografian (EKG:tä) avulla useassa tutkimuksessa, koska EKG-signaalin vaikutusta voi tietyin kriteerein verrata neurofysiologisiin signaaleihin ja saada lisää informaatiota. Mittaus tapahtuu pintaelektrodien avulla rintakehäältä tietyistä kohdista 2 elektrodin välityksellä.

2.1.1 Aivosähkökäyrän mittausta (EEG)

Aivohermosolujoukkojen synkronisia kalvojännitteen muutoksia kutsutaan elektroenkefalografiaksi. EEG:n rekisteröinti tapahtuu usein solun ulkoisessa tilassa, jossa mitataan mittauspisteiden eli elektrodien välisiä jännitteitä.

Esimerkin vuoksi perehdyn EEG-signaaliin tarkemmin. Seuraavassa on neljä erilaista perusilmiötä, joita löytyy mitatusta aivosähkökäyrästä.



Alfa-rytmin taajuus on aikuisilla 9-11 Hz



EEG:n Beta-rytmin taajuus on 18-25 Hz:n luokkaa

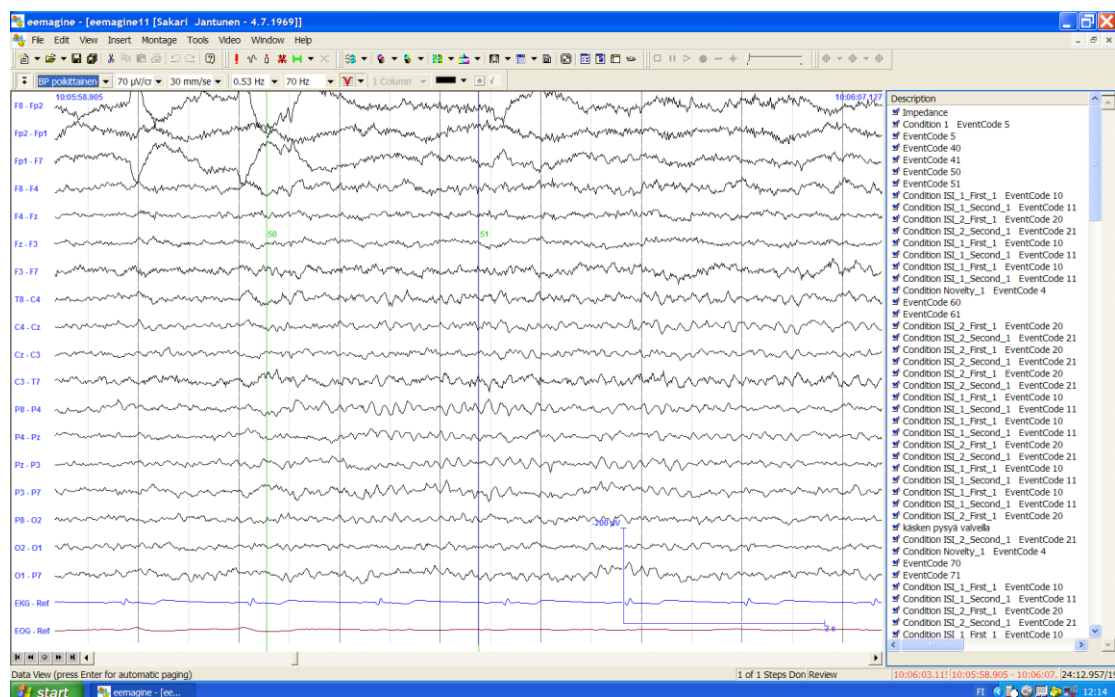


EEG:n Theeta-rytmi on 6-7 Hz



EEG:n delta-rytmin taajuus on alle 4 Hz

Kuva 1, EEG:n perusilmiöt



Kuva 2, EEG-mittaus ERP-tapahtumapotentiaalimittauksen aikana. EEG-dataan saadaan mukaan näkö- ja kuuloärsykkeiden vaikutuksia. Potilaaseen ne välittyvät osittain kuulokkeiden välityksellä ja osittain katsomalla näyttöpäätettä.

2.1.2 Elektromyografia-mittaus (EMG)

Elektromyografia-mittauksien (EMG) avulla saadaan selville lihasten, hermolihasliitosten ja alfamotoneuronin tila. Tutkimuksessa kartoitetaan lihaksen lepotoiminta, toiseksi spontaanitoiminta ja viimeiseksi kartoitetaan voimakkaan supistuksen aikana ilmaantuva interferenssikuvio. Kukin kolmeen osaan jaettu tutkimus antaa viitteitä erityyppisten hermovaurioiden olemassaolosta.

ENMG-mittauksessa potilaalta tutkitaan ääreishermovaurioiden, selkäytimen tautien, hermolihasliitos tautien ja lihastautien diagnostiikkaa neulaelektrodien avulla [2, s. 451]. Neurografia- ja neula-EMG-tutkimukset kuuluvat ENMG-tutkimukseen. ENG-mittaukset tehdään pitkälti pintaelektrodeilla ja EMG-mittaukset aina neulaelektrodeilla. Pienen sähköiskun tuottamia vasteita havainnoidaan myelinoitujen sensoristen ja motoristen hermojen toimintaa tarkastelemalla. [2, s. 461.]

ENMG-tutkimuksen neulaelektrodit koostuvat neulan kärjestä rekisteröivistä yhdestä tai kahdesta pinnasta. Näin saadaan paikallinen rekisteröinti kohteesta, kun taas EEG- ja herätepotentiaalirekisteröinteihin tarkoitettut neulat ovat ns. monopolaarielektrodeja. [2, s.758.]

EMG-mittauksessa dataa tallennetaan vähän suhteessa ENG-mittauksiin. Vasteiden pituudet ovat enintään muutamia sekunteja yhdeltä tai muutamalta kanavalta. Lisäksi oleellista on signaalin taajuussisältö.

2.1.3 Laaja ja suppea unipolygrafiamittaus

Nämä mittaukset voidaan jakaa laajaan ja suppeaan unipolygrafiaan. Laajassa unipolygrafiassa mitataan EEG:tä, silmien liikettä EOG:tä ja lihasjännitystä leuan alta EMG:n avulla. Näiden tekijöiden perusteella pystytään määrittelemään univaiheita. Lisäksi mitataan hengitystä, kuorsausta, veren happiprosenttia, pulssia ja EKG:ta. Myös potilaan asennon vaihtelu ja raajojen liikkeet huomioidaan. Videointi ja siihen liittyvä ääni on mahdollista saada mukaan dataan. [2, s. 632.]

Suppeassa polygrafiassa tarkastellaan unen aikaisten hengityshäiriöiden diagnostiikkaa. Tässä mittauksessa ei mitata EEG:tä eikä EMG:tä, joten univaiheita ei pystytä määrittämään.

Molemmissa polygrafiamittauksessa antureiden tehtävänä on muodostaa paineesta, lämpötilasta ja liikkeestä sähköinen signaali. Venymäluiska-anturin ominaisuudet muuttuvat sitä venytettäessä, jolloin sähköinen vastus kasvaa. Näin toimii hengitysliikkeen ilmaisimien. Asentoanturin toiminta perustuu sähköä johtavan suljetussa tilassa olevaan nesteeseen liikkeeseen. Termistori mittaa sisään- ja uloshengitysilman lämpötilaeroa kahden metallin avulla. Pulssioksimetrin toiminta perustuu kahden eritaajuisen infrapunasäteiden läpäisyeroa kudoksissa. Käytännössä sormen päähän ihon pinnalle asetettava anturi mittaa tällä tavoin sormen läpi infrapunavalon avulla. [2, s. 759.]

2.2 Laiteteknisiä perusasioita EEG-mittauksessa

Potilaasta siirretään EEG-data tarkoitukseen sopivan EEG-myssyn avulla johtimia pitkin ensin mittauslaitteen esivahvistimen, jossa signaalille tehdään A/D-muunnokset. EEG-mittauslaiteessa tietokonepohjainen sovellus hoitaa EEG-datan näytteen keräyksen. Videokuva ja ääni tallennetaan tahdistetusti tarvittavilta osin EEG-datan kanssa tärkeänä osana mittauksia.

EEG-laitteissa analoginen signaali muunnetaan digitaalseksi mahdollisimman aikaisin, jotta häiriöt eivät saisi jalansijaa. Esivahvistimessa suoritetaan A/D-muunnos ja käytettävien bittien määrä vaikuttaa laitteen resoluution. Näin pienetkin jännitteet erotetaan selvillä. Mittavan jännitealueen suuruus on uusissa EEG-laitteissa 10 mV:n luokkaa ja laitteen käyttämä bittimäärä 16, jolloin erotuskyky on 0,15 μ V. Kun taas näytteenottotaajuus vaikuttaa laitteen erotuskykyyn ja siksi 200 Hz:n näytteenottotaajuudella havaitaan 5 ms:n muutos. [2, s. 764.]

Ns. anti-aliasuodatusta käytetään mittalaitteissa sekä alipäästösuodatusta, jota määrittelee ylärajataajuus. Suodatustoiminto on rakennettu A/D-muuntimien ennen näytteenotto- ja pitopiiriä. Tämä suodatus on tehtävä tässä vaiheessa, koska myöhemmin signaaliin muodostuvia komponentteja ei saa enää pois, vaan tapahtuu laskostuminen signaalin päälle.

Neurofysiologian mittauksista suurin osa on sähköisiä mittauksia ja stimulaatioita. Esimerkiksi EEG:n mittauksessa yleisimmin käytetyt taajuuskaistat ovat 0,5 – 70 Hz. Keskeisten EEG:ssä ollaan kiinnostuneita alle 0,5 Hz:n taajuuksista. Monet tutkijat ovat kiinnostuneita muutaman sadan hertsin ns. "high frequency oscillation" -taajuudesta. EMG-mittauksissa mielenkiintotaajuus on paljon korkeampi 2-4 kHz.

Koska signaalin taajuusalue vaikuttaa suoraan tarvittavaan keräystaajuuteen ja näin ollen syntyvään datan määrään, niin tärkeää on käyttää kullekin mittaukselle sopivaa näytteenottotaajuutta. Digitaalisen EEG-mittalaitteen näytteenottotaajuus täytyy olla vähintään kaksi kertaa suurempi kuin vahvistimen suurin taajuus. [2, s. 69.]

EEG-rekisteröintilaitteissa 200 Hz kelpaa vahvistimelle ylärajataajuudeksi, kun 60 Hz on minimivaatimus. Vahvistimet eivät pysty vahvistamaan tietyn taajuuden jälkeen signaaleja oikein, kun ylärajataajuus saavutetaan. Syntyy vaimennettuja signaaleja, jotka eivät ole todellisia ja vievät tilaa dataa tallennettaessa. Etenkin DC-vahvistimet saattavat

toistaa vaimeat jännitemuutokset sellaisenaan. DC-vahvistimen vahvuutena ovat ns. hitaat signaalit. Apuna ongelmaan käytetään suotimia yhdelle tai useammalle kanavalle. Suotimien ongelmana on signaalin vääristäminen, jolloin vaihe ja muoto muuttuvat. Kliinisesti dataa arvioitaessa tärkeä kaista-alue on 1-30 Hz:iä. Kaistanestosuodattimella (notch filter) pystytään poistamaan 50 Hz:n verkkohäiriö [2, s. 69-70]. Perusperiaatteena on, että digitaalisella vahvistimella mitatessa ei kannata liikaa rajoittaa taajuuskaistaa, koska myöhemmin EEG-käyrää tarkastellessa suodatuksia voidaan lisätä.

Näytteenottotaajuus on merkittävä tekijä signaalin laadun suhteen. Analogisesta signaalista sekunnin aikana otettavien näytteiden määrä määrää kuvan tarkkuuden. Kun näytteenottotaajuus kasvaa suureksi, niin talletettavan datan määrä kasvaa turhaan. Näin saatu lisäinformaatio ei tuo lisähyötyä. Hitaasti muuttuville signaaleille riittää pieni näytteenottotaajuus ja nopeille signaaleille käytetään suurempaa taajuutta. Laskostuminen ilmenee kun näytteenottoväli on liian suuri ja alkuperäisen signaalin muoto muuttuu oleellisesti. Näytteenottotaajuuden on oltava suuri, jotta laskostuminen estyy. Nyquistin taajuus tarkoittaa, että näytteistystaajuuden on oltava vähintään 2 kertaa signaalin suurin taajuus. [3, s. 4.]

Ongelma syntyy siitä, että analogiset filtit eivät suodata kaikkea rajataajuuden ylitävää signaalia pois, vaan taajuusvaste on loiva. Rajataajuus on määritelty -3 tai -6 dB vaimennuksena. Käytännössä KNF-lääkintälaitteiden antialiasing-suodatus on toteutettu yleensä $1/3$ tai $1/4$ rajataajuudella keräystaajuuteen nähden, eli jos keräystaajuus jollain lääkitelaitteella on 256 Hz niin laitteen sisäisen antialiasing-filtterin ylärajataajuus on 64 Hz.

Maksimiresoluutio kertoo muuntimen kyvystä havaita mahdollisimman pieniä muutoksia. Tarkastellaan resoluutiota kaavan avulla.

$$\frac{V_{MAX} - V_{MIN}}{2^n}$$

missä V_{MAX} on muuntimen maksimijännite ja V_{MIN} on minimijännite. Bittien lukumäärä vaikuttaa A/D -muuntimen ominaisuuksiin. Bittimäärällä n saadaan ilmaistua 2^n lukua ja $2^n - 1$ jännitteen pienintä askelväliä. [3, s. 2.]

Sampling rate ilmaisee datan keräystaajuuden. Se kertoo, miten usein otetaan näytteitä syntyneestä käyrästä, kun taas amplitudiresoluutio on riippuvainen dynaamisesta

alueesta ja numeron tallentamisen tarkkuudesta eli bittimäärästä. Amplitudiresoluutio lasketaan jakamalla dynaaminen alue tallennuskyvyn bittimäärällä. Tässä tapauksessa tallennuskyky on 22 bittiä ja dynaaminen alue on 5 mV dynaamisella alueella saadaan seuraavasti

$$\frac{5mV}{2^{22}} \approx 0,00000119mV$$

Seuraavissa taulukoissa on jaoteltu biosignaaleja keräävien lääkintälaitteiden näytteenottotaajuuudet (sampling rate) ja mittausdatan dynaamiset alueet sikäli, kun laitevalmistajat ovat asian ilmoittaneet teknisissä tiedoissa. Nämä asiat vaikuttavat laitteiden käyttämien tiedostoformaattien kokoon dataa tallennettaessa.[3.]

Taulukko 2, Cognitace-lääkintälaitteen tiedostoformaattiin vaikuttavat datat [4]

Lääkintälaitte	Mittaus	Näytteenottotaajuus	Datan keräystaajuuudet (Sampling rate)
Cognitace	EEG/ ERP / ENMG	resoluutio 22 bittiä	256, 512, 1024, 2048 Hz

Taulukko 3, Grass Telefactor -lääkintälaitteen datan keräys[5, s.1-1]

Lääkintälaitte	käyttö	ylipäästösuodatin / signal range	Dynaaminen alue Vertical resolution	Datan keräystaajuuudet (sampling rate)
Grass Telefactor	EEG	0,5 - 100 Hz / 4mV peak to peak	16 bittiä resolution (0,06 uV /bit)	400 samples / seconds/channel

ENMG-laitteiden datankeräystä käsitellään kahden lääkintälaitteen osalta. Ensin tarkastellaan Synergy-lääkintälaitteen ominaisuuksia.

Taulukko 4, Synergy-lääkintälaitteen tiedostoformaattiin vaikuttavat datat [6, s.60]

Lääkintälaitte	Dynaaminen alue display sensitivity	mittaukset	Näytteenotto (A-D conversio)
Synergy	0,01uV-100mV/div	EMG, ENMG	16 bittiä ADC

Keypoint-laitteen datan keräykseen vaikuttavat ominaisuudet käsitellään seuraavassa taulukossa.

Taulukko 5, Keypoint-lääkintälaitteen tiedostoformaattiin vaikuttavat datat [7, s.261-263]

laite	mittaukset	Näytteenotto data acquisition	Dynaaminen alue (resoluutio)	Datan keräystaajuudet (sampling rate) software -dependent
Keypoint	EMG, ENMG	480/600/768/1024 full width traces	5,5 uv – 5 mVpp 200 Hz (cal.) ylärajataajuus 20 kHz asti	0,1;0,5;1,2,5,10,20,50,100,200,500,1k,2k,3k Hz

Nic-one-lääkintälaitteen datankeräykseen (sampling rate) vaikuttavat asiat

Taulukko 6, Nicone-lääkintälaitteen datan keräystaajuus[8]

Mittauslaite	käyttö	ylipäästösuodatin ALI päästösuodatus, ylärajataajuus	Näytteenottotaajuus (analog / digital converter)	Dynaaminen alue (amplitudi)[resoluutio] max input range +- 5 mV	sample rate (software control)
Nic one	EEG	antialiasing 500 Hz	16 bittiä	ADC resolution Voltage 0,153 uV	125,250,500,1000,2000 (sovellus kontrollissa)

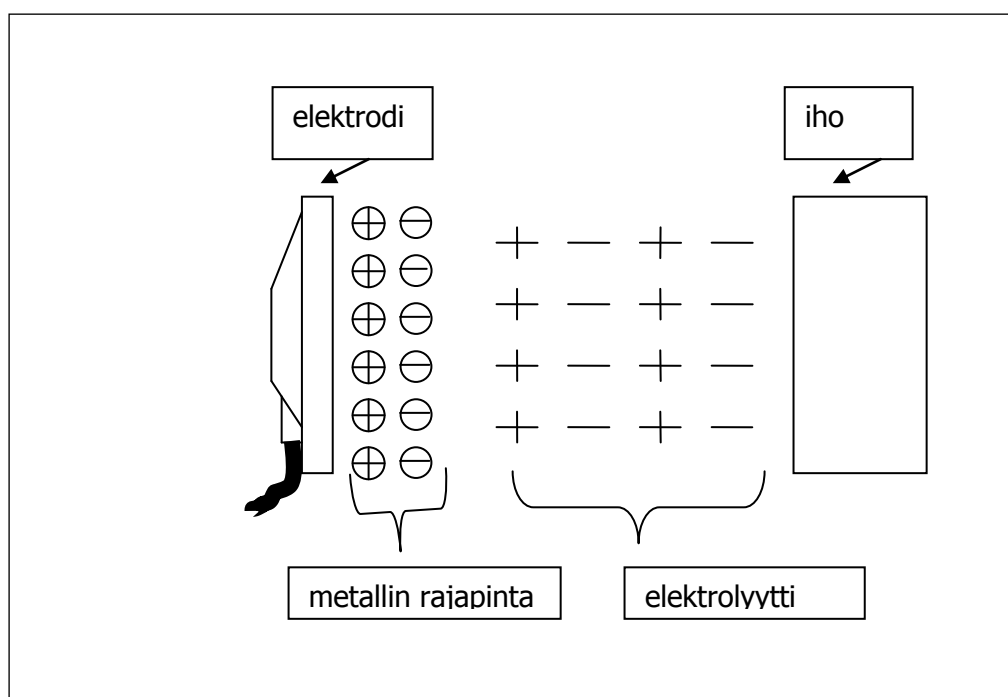
Unipolygrafia-laitteen datan keruu taulukkoon on valittu Titanium-lääkintälaite

Taulukko 7, Datan keräystaajuus [9, s.68-70]

mittauslaite	mittaus	ali ja ylipäästösuodatin	Näytteenottotaajuus	dynaaminen alue (resoluutio)
Titanium	Unipolygrafia	0,15 -220 Hz	8192 Hz / kanava	6400 μ V analoginen kanava(16 bittiä), 1 V DC kanavilla(8 bittiä), 25 μ V virtauspaine kanava(16 bittiä)

2.2.1 Elektrodityypit EEG-mittauksessa

Pintaelektrodin avulla saadaan tieto välitettyä potilaan iholta mittauspiiriin. Käytännössä kudoksen ionivirta muutetaan johtimessa kulkevasi elektronivirraksi. Varausjakauma muodostuu elektrodimetallin ja kudoselektrolyytin rajapintaan. [2, s.757-758.]



Kuva 3, Puolikennopotentialin synty

Tämän varausjakauman ominaisuudet vastaavat tasajännitelähdettä, jossa on mukana sarjaan kytkettyjä kondensaattoreita ja vastuksia. Pienitaajuiset signaalit vaimenevat tehokkaasti riippuen kapasitanssista. Esimerkiksi digitaalisessa EEG-laitteessa, jossa

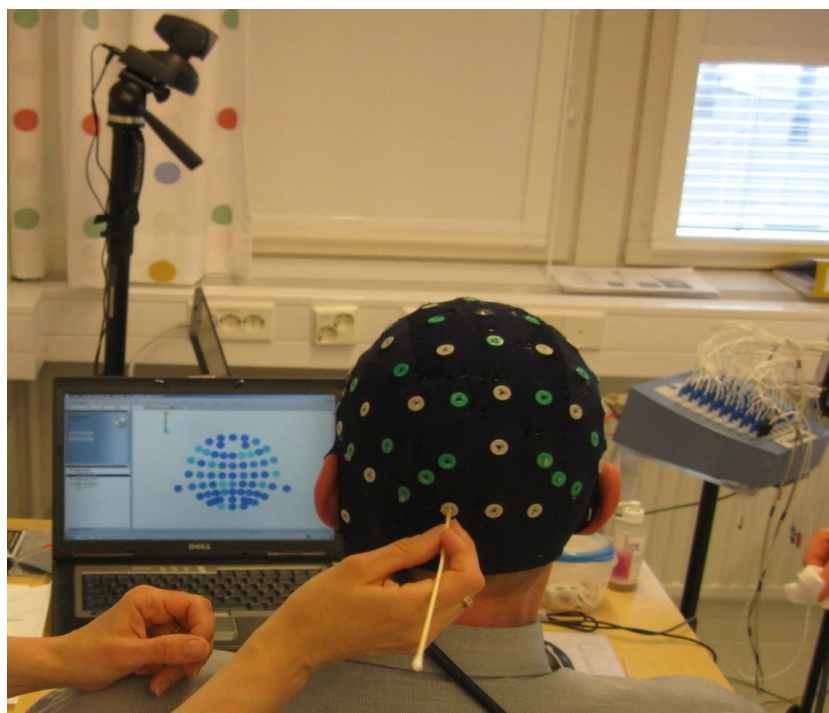
on DC-vahvistin, saadaan kerättyä myös pienitaajuiset signaalit. Näin ollen käytettäessä Ag-AgCl-mittauselektrodeja ei tapahdu polarisoitumista materiaalin suhteen. Stabiilisuus ja elektrodiliitännän epäherkkyys elektrodin liikkeelle ovat tärkeitä ominaisuuksia.

Pintaelektrodimateriaaleina parhaita ovat kulta, platina ja hopea. Suolakerroksen sisältävät elektrodit kuten hopea-hopeakloridi (Ag-AgCl-elektrodi) toimivat erinomaisesti hi-taille signaaleille. Ihon puhdistaminen ennen elektrodien kiinnittämistä iholle ja ihon alaisen orvaskeden mahdollisimman vähäinen vaurioittaminen pienentävät ihoimpedanssia. Lisäksi pintaelektrodin ja ihon välille levitettävä pasta parantaa sähkön johtavuutta entisestään [2, s. 758.] EEG-mittauksessa päähän laitettavan myssyn toiminta perustuu tähän ominaisuuteen. Myssyn elektrodien ja pään ihon välinen johtavuus on tärkeä ominaisuus, jotta EEG-data välittyy potilaasta vahvistimelle virheettömästi.

Neulaelektrodit astuvat kuvaan, kun mitataan vaimeaa signaalia, syvällä kudoksessa olevaa kohdetta tai kyseessä on signaali kohinasuhteen parantamisesta. Kontaktipinnan pienuudesta johtuen kudoksen ja elektrodin välinen impedanssi on paljon suurempi kuin pintaelektrodissa. [2, s. 758.] EMG-mittauksissa käytetään tyypillisesti neulaelektrodeja.

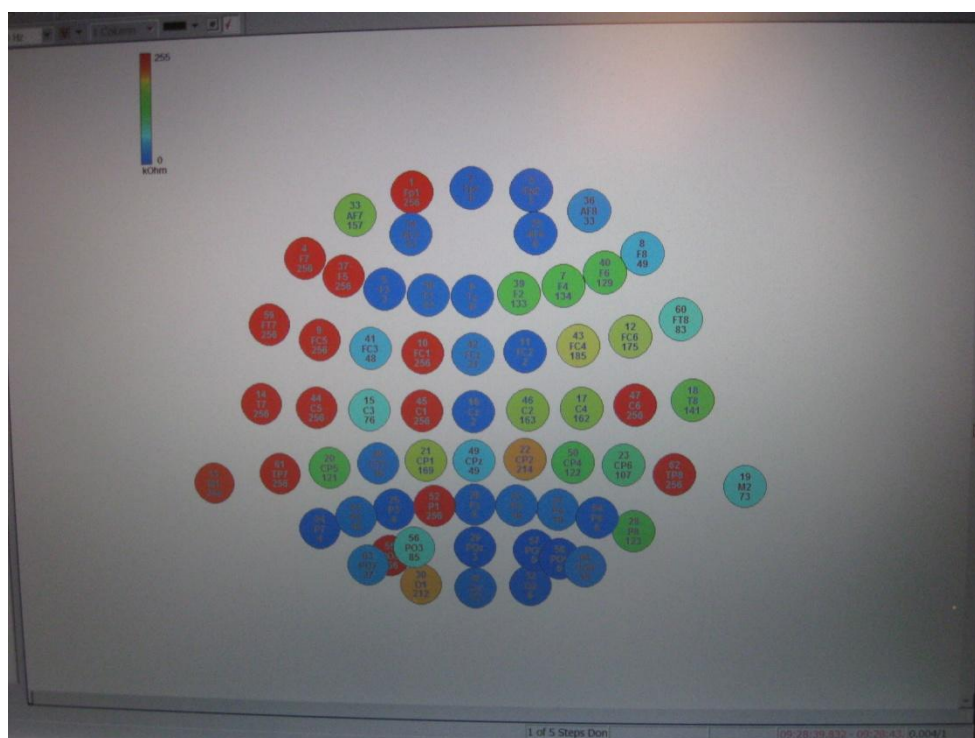
2.2.2 Digitaalinen EEG-mittauslaitteisto

Cognitrace-mittauslaitteisto koostuu itse tietokoneesta, jossa on Cognitrace-ohjelma asennettuna, sekä vahvistimesta ja erillisestä tietokoneesta, joka antaa sovitusti mittausdataan merkkejä, pulsseja ja potilaalle ääni- tai kuvaärsykykeitä. Tietenkin tarvitaan laitteiden välille johtimet ja potilaalle sopiva mittausmyssy.



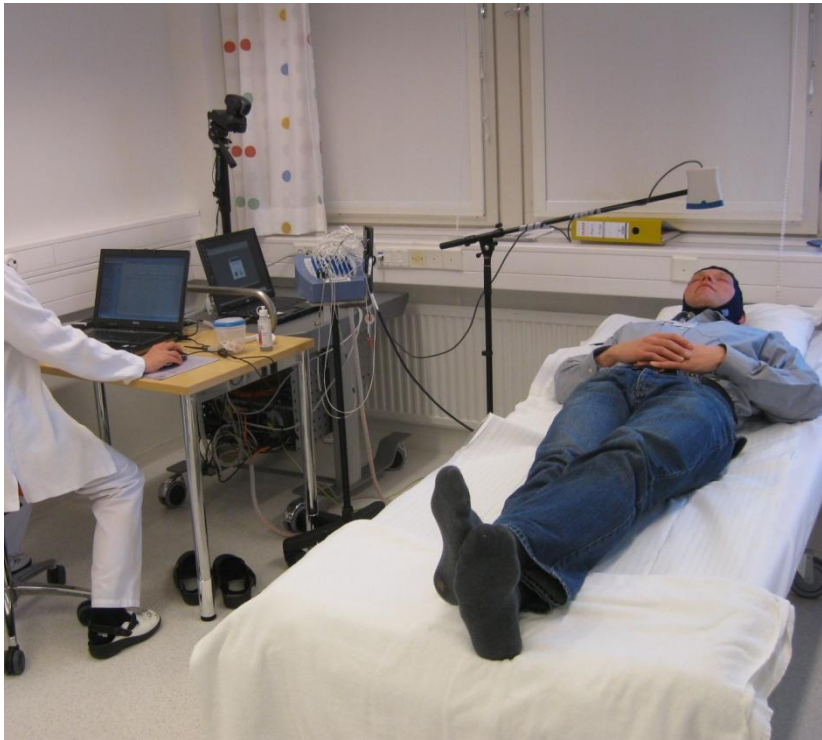
Kuva 4, EEG-myssyn laitto potilaalle, oikealla kuvassa laitteiston vahvistin

Kun mittausmyssyn elektrodit ovat asettuneet ihon pinnalle oikein kontaktigeelin välityksellä, niin pään ihon pinnalle välittyvät EEG-ilmiöt, pienet jännitteet saadaan ohjattua johtimia pitkin vahvistimelle. Kunkin elektrodin impedanssilukemat ilmaistaan sekä numeroilla että sovitulla väriasteikolla. Tavoitearvot ovat alle 50 k Ω ja niihin päästään helposti. Impedanssiarvojen on hyvä olla toisiinsa nähden samaa suuruusluokkaa, jotta datan tarkastelu olisi helpompaa. Elektrodien väri kertoo impedanssin arvon karkealla tasolla. Suuruusluokaltaan sininen on käypä arvo. Impedanssin arvo näkyy erikseen vielä kunkin elektrodin kohdalla. Pieni impedanssi takaa jännitteen esteettömän pääsyn vaivatta iholta myssyn johtimeen, ja häiriöiden mahdollisuus pienenee.



Kuva 5, Myssyn elektrodien impedanssit Cognitrace-laitteistolla

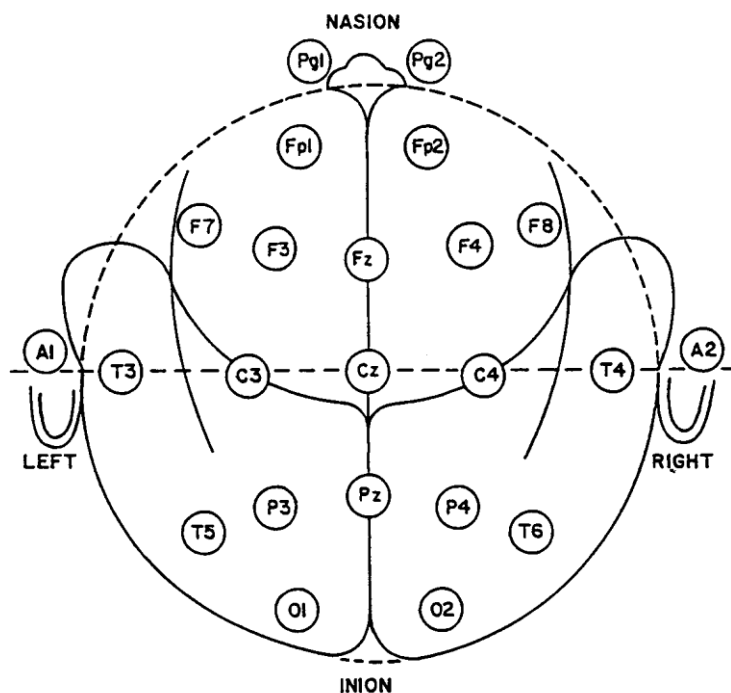
Cognitrace-mittauslaite soveltuu käytettäväksi kliinisessä EEG-mittauksessa ja myös tutkimuskäytössä esimerkiksi Alzheimer-taudin, ADHD-oireiden ja skitsofrenian diagnostiikassa. Laitteella voidaan mitata näkö- ja kuuloherätevasteita (evoked potential), kuten AEP-, VEP- ja SEP-vasteita sekä ERP-vasteita. Nämä ERP-mittaukset (event related potentials) ovat kognitiivisia prosesseja vaativia. Stimulaatio-ohjelmisto lähettää sovitusti vahvistimelle digitaalisen tahdistuksen (triggerin) kunkin stimulaation hetkellä, ja potilas reagoi ärsykkeeseen. Tämä tieto saadaan EEG-dataan mukaan ja dataa voidaan analysoida jälkeenpäin ja käyttää potilaan diagnosoimiseen. [2, s. 242.]



Kuva 6, Cognitrace-laitteisto ja EEG-mittaus

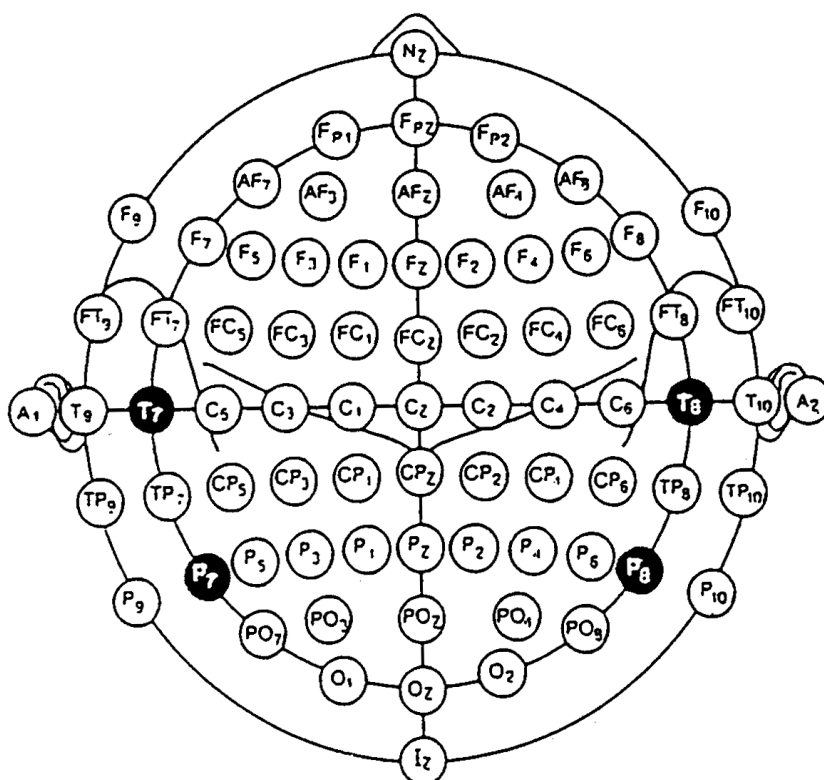
2.3 Elektrodiin sijoitus EEG-myssyssä

EEG-mittalaitteissa käytetään pään iholle asetettavia pintaelektrodeja. Potilaalle asetettavan EEG-myssyn avulla data siirretään vahvistimen kautta mittalaitteelle. Kansainvälisesti sovitut tietyt elektrodien paikat EEG-myssyssä ovat EEG-datan diagnosoinnin perusta. [2, s. 71.]



Kuva 7, Elektrodiensijoittelu EEG-myssyssä 10-20 järjestelmässä [2, s.71]

Rekisteröinti- ja analyysilaitteistojen kehittyessä ollaan siirtymässä 10-20-järjestelmästä 10-10-järjestelmään elektrodiensijoittelun suhteen EEG-myssyssä [2, s. 71]. Myssy on asetettu kuvassa siten, että potilaan nenä on ylhäällä ja korvat vasemmalla ja oikealla sivulla. Potilasta katsotaan ylhäältä alaspäin.



Kuva 8, sijoittelu EEG-myssyssä 10-10-järjestelmässä [2, s. 71]

Kuvassa 8 myös potilasta katsotaan ylhäältä alaspäin, ja potilaan nenä on myssyn yläosassa.

3. BIOSIGNAALIHIN LIITTYVÄT STANDARDIT JA TIEDOSTOFORMAATIT

Standardisoinnin avulla standardisointijärjestöt laativat yhteisiä sääntöjä helpottaakseen viranomaisten, elinkeinoelämän ja yksityishenkilöiden elämää. Standardien ansiosta tuotteiden turvallisuus ja yhteensopivuus paranevat. Kotimainen ja kansainvälinen kaupankäynti sujuvat helpommin. Standardit laaditaan yhteistyönä työryhmissä ja komiteoissa: standardit julkaistaan asiakirjoina. Usein pyritään kansainväliseen standardiin, mutta joku standardi voi olla voimassa vain yhdessä maassa [10].

3.1 Sairaalassa käytettävät tietotekniikkastandardit

Suomen standardoimisliitto SFS ry on tehostanut tietotekniikan standardoinnin seurantaa. IT-alan standardoinnissa toimii noin 25 teknistä komiteaa ISO:n ja CEN:in piirissä. ISO:n ja CEN:in seuranta kuuluu kansallisena standardointielimenä toimivan SFS:n mandaattiin. Terveystieteiden tietotekniikan standardoinnin seurantaryhmä on perustettu 25.10.2007 (SR 301) [11].

3.2 Biosignaalistandardit

Terveystieteiden laitteet ja tarvikkeet kuuluvat SFS-standardin piiriin. Biosignaaleille käytössä olevat standardit kuuluvat myös omaan ryhmäänsä. SFS-direktiivi on korvannut aiemman standardin SFS-EN 60601-1-1 vuodelta 1993 ja sen muutokset 1.12.2003. SFS-EN 60601-1-2. Uusi direktiivi on 93/42/ETY [12].

Biosignaaleille ei ole omaa standardia vielä. Osalle biosignaaleista sovelletaan DICOM-standardia soveltuvien osien, mutta neurofysiologisille biosignaaleille ei ole omaa standardia valmiina. Lepo-EKG:n mittaamiselle tuli ISO-standardi vuonna 2007. [1, s. 4-6.]

3.3 Lähi- ja alueverkkostandardit

Lähiverkkolaitteiden yhteensopivuutta on jo 20 vuoden ajan valmistellut ja hyödyntänyt LMSG (LAN/ MAN Standardization Group). Se on yksi IEEE:n standardointikomitea. IEEE on kansainvälinen tieteitä edistävä organisaatio. IEEE -standardointijärjestön (Institute of Electrical and Electronics Engineers) määritelmiä käyttävä ISO julkaisee maakohtaisia ja kansainvälisiä standardeja omilla standardinumerollaan. Se valmistelee ja julkaisee standardeja kuten Ethernet-verkkojen 802-standardit: Fast Ethernet, Gigabit Ethernet ja 10 Gigabit Ethernet ovat tunnetuimpia ryhmästä. [13, s. 26.]

Open System Interconnection (OSI) on tietoliikenteen referenssimalli. 802-standardit kattavat OSI-mallin siirtokerroksen ja fyysinen kerroksen. Nämä standardit jaetaan vuorovaikutukseen ja siirtotien ohjaukseen. Lisäksi 802.2-standardi muodostaa yhtenäisen rajapinnan kaikille 802.x-verkoille. [13, s. 26.]

Verkkokerroksen paketin kehystää siirtokerroksen LLC. Myös useiden alue- ja lähiverkkojen tekniikat saavat mahdollisuuden toimia yhteisellä rajapinnalla verkkokerroksen protokollien kanssa. Tämän kerroksen alapuolella toimiva MAC-kerros huolehtii tiedosähkeiden järjestyksen palauttamisesta, varmistaa WEB-salauksen ja huolehtii asynkronisten datapalvelujen järjestämisestä. [13, s. 25.]

Fyysisen kerroksen 2 eri osa-aluetta ovat konvergenssikerros ja mediasta riippuva kerros. Fyysistä PPDU-kehystä apuna käyttäen bittinopeudet sovitetaan yhtenäisiksi palveluiksi fyysisten siirtoteiden kanssa konvergenssikerroksella. Kun taas kanavointitapa, hajaspektritekniikka ja modulaatio hoidetaan mediasta riippuvalla kerroksella. [13, s. 25.]

Hajaspektritekniikassa datan lähetys koostuu usealle eri kanavalle jaettavasta datasta. Nämä osakanavat toimivat rinnakkain. Langattomat lähiverkot käyttävät tätä tekniikkaa hyväksi. 802.11a ja 802.11g standardit käyttävät OFDM-monikantoaaltomodulointia. Lähetin ja vastaanotin käyttävät tällöin Fourier-muunnosta signaalin muodostamiseen osakanavista. [13, s. 25.]

Siirtokerroksen MPDU-kehys koostuu kehyksen ohjaustiedoista, varausvektorin arvosta, useista osoitekentästä, pilkotun kehyksen osan järjestysnumerosta, datakentästä ja tarkistussummasta. MPDU-kehystä ja törmäysten välttämistä hyödynnetään vuonvarauksena. [13, s. 25.]

Suomessa saa käyttää 802.11 -,b-, .a- ja .g-verkkoja ilman käyttöilupaa edellyttäen, että käytettävät laitteet täyttävät standardien määräykset ja lähetystehot pysyvät sovitulla arvo-alueilla. Viestintävirasto päättää tarvittaessa taajuuskaistan tai tehon ylityksistä.

Taulukko 8, 802.11-standardien yhteenveto mukailtu kyseisen lähteen taulukkoa [2, s. 46]

Standardi	Ratifioitu	Media-	Hajaspektri-	Teoreettinen	Taajuus-	kanavia
		diat	tekniikka	bittinopeus	alue	yhteensä
				Mbit/s	GHz	DS
802.11	1997	IF, RF	FHSS	1 ja 2	2,4	14
802.11b	1999	RF	DSSS	1, 2, 5, 5 ja 11	2,4	14
802.11a	1999	RF	OFDM	6-45 Mbit/s	5	12
802.11g	2003	RF	OFDM	1-54 Mbit/s	2,4	12
802.11n	2009	RF		250 + Mbit/s	5 ja 2,4	

3.4 DICOM-formaatti ja biosignaalien tiedostoformaattit

Biosignaaleille ei ole olemassa vielä omia standardeja käytössä. Laitetoimittajat ovat käytännössä luoneet useat käytössä olevat datatyypit kunkin mittalaitteen kohdalla ja siksi tietokantojen hallinnointi kuuluu myös laitetoimittajille. Valitettavasti markkinoilla on vielä useita mittausdatatyyppejä, jotka eivät sovi käytettäväksi toisen valmistajan laitteissa, vaikka kyseessä olisi samantyyppinen mittaus. Siksi tiedostojen eksportointi tiettyyn tallennusmuotoon tuottaa pään vaivaa arkistoinnin suhteen tulevaisuudessa. [14, s. 15.]

Lähes kaikki merkittävät laitevalmistajat tukevat standardia. Tämän järjestelmän jakaminen osiin onnistuu vaivatta, kun sen välisten osien rajapinnat pysyvät selkeinä. Kun rakennetaan toimiva 20 vuoden kehitystyön tuloksena syntynyt arkistojärjestelmä, niin saadaan standardin asemassa oleva protokolla toimimaan myös tietoliikenneyhteyksien välityksellä huolimatta pitkistä välimatkoista.

Lääketieteellisen kuvansiirron ja tallentamisen standardi on DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine). DICOM-standardia ei käytetä klinisen neurofysiologian laitteistoissa. Mutta esimerkiksi se sopii tähän toimivuutensa ja käytettävyytensä takia. Oleellista standardissa on se, miten datan tallennus tehdään. Käsitellyt kuvat ja kuvasarjat tallennetaan tietyllä tavalla, tietyssä muodossa sekä sovitussa järjestyksessä. Tässä standardissa käytetään olio-pohjaista palvelun tarjoaja ja palvelun käyttäjä rakennetta. [14, s. 12.]

DICOM tukee käytössä olevia yleisiä tiedon tallennusvälineitä ja se on tehty käytettäväksi TCP/IP-verkkoprotokollan kanssa. DICOM-järjestelmää käyttävät seuraavat lait-

teet: tietokonetomografialaitteet (CT), magneettikuvauslaitteet (MRI), positroniemissiotomografialaitteet (PET), isotooppikuvauslaitteet (SPECT), ultraäänilaitteet (US), digitaaliset levynkuvantamislaitteet (CR, DR), video- ja filmidigitointilaitteet, lasertulostimet ja -kamerat sekä sairaalan- ja röntgenin informaatiojärjestelmät (HIS/RIS). [14, s. 12.]

Puutteena järjestelmässä on tietoturvan vajuus, koska alkuperäisessä muodossa järjestelmä on suunniteltu käytettäväksi paikallisesti. Erityyppisten kuvasarjojen ja kuvien tallennus ja käsittely on helposti toteutettavissa oliopohjaisten palvelun tarjoajien ja palvelun käyttäjäjärakenteen avulla, kuten esimerkiksi kuvien tallentaminen ja hakeminen tietokannasta sekä kuvien siirto työasemalta tai arkistosta tai tulostus filmille. [14, s. 13.]

Käyttäjälle etuna vielä mainittakoon yhteensopivuusongelmien poistuminen ja mahdollisten poikkeamien poisjäänti laitteistoista standardien suhteen. DICOM Conformance Statement on yhteensopivuusasiakirja, joka kertoo laitetoimittajan taholta, mitä palveluluokkia kyseinen laite tai ohjelmisto tukee. Silloin laitetoimittaja ei voi enää syyttää toisia osapuolia laitteen tai ohjelmiston toimimattomuudesta, koska poikkeamia ei sallita. [14, s. 12.]

Tulevaisuudessa keskeisiä standardeja, jotka pitää huomioida sovellusten välisessä tiedonsiirrossa. Näitä ovat sanomastandardit, HL7 (Health Level 7) ja OVT (Organisaatioiden Välinen Tiedonsiirto) sekä XML (Extensible Markup Language). [14, s. 13.]

Muita keskeisiä standardeja ovat terveydenhuollon sovellutusten väliseen tiedonsiirtoon tarkoitettut sanomastandardit, HL7 (Health Level 7) ja OVT (Organisaatioiden Välinen Tiedonsiirto). Jatkossa todennäköisesti myös XML:n (eXtensible Markup Language, WWW-sivuilla käytetyn HTML-kuvauskielen laajennus) rooli kasvaa. XML-kuvauskieltä käytetään jo nykyisin lähete-hoitopalaute-järjestelmässä kotimaisten toimittajien (Novo, MediciData, TietoEnator) ja ESKO-järjestelmän viestien rajapinnoissa. [14, s. 14.]

3.4.1 EEG- ja ENMG-mittauksien signaalit

Tulevaisuudessa olisi tarkoitus siirtyä yhtenäiseen biosignaalien tallennusformaattiin. EEG- ja EKG-datojen tallennuksessa käytettäisiin EBS- ja EDF-formaatteja (Extensible Biosignal data format, European Data Format). Multimedian (liikkuvan kuvan ja äänen) tallennukseen käytetään AVI-, MPEG- ja Apple QuickTime -formaatteja. [14, s. 13.]

Ongelmana EDF+-formaatin suhteen on, että se ei edelleenkään tue synkronoitua videokuva. Sen numeroarvot on tallennettu 16-bittisiksi ja ongelmia aiheutuu vahvistimien kanssa. Läheskään kaikki laitevalmistajat eivät tue EDF-formaatteja. Ainoastaan datan tallennusformaatti on mahdollista saada kyseiseen muotoon tarvittaessa.

Eurooppalainen dataformaatti (EDF) on yksinkertainen ja joustava vaihtoehto signaalin muokkaamiseen ja arkistointiin. Se on kehitetty fysikaalisiin ja bioteknisiin sovelluksiin insinöörien toimesta vuonna 1987. Kehittyneempi versio on EDF+. Nämä tiedostot voivat sisältää formaatille ominaisia merkintöjä, virikkeitä ja tapahtumia. Lääketieteellisiä mittauksia kuten EMG:tä, Evoked potentials -mittauksia, ECG:tä ja delta paikannusta tallennetaan jo tähän formaattiin. EKG:n QRS-parametrit ja unen aikaiset eri mittaukset kuuluvat myös tähän ryhmään. [15, s. 1.]

3.4.2. Lääkintälaitekohtaiset tiedostoformaatit

Kliinisen neurofysiologian erikoisalalla potilastutkimuksissa käytetään kuhunkin käyttötarkoitukseen sopivia lääkintälaitteita. Kullakin lääkintälaitteella on oman tyyppiset tiedostoformaatit, joihin tallennetaan tietyn tyyppinen data. Yhtenäinen dataformaatti puuttuu edelleen laitevalmistajilta.

Kliinisessä käytössä olevat EEG:n mittauslaitteet ovat Cognitrace -mittauslaitteisto ja Cadwell EASY-laitteisto, Nicone (Nervus) ja Twin. Nämä mittaavat aivosähkökäyrää. Cognitrace-laitteiston mittaukset on tallennettu kryptattuun muotoon kolmelle erilaiselle tiedostolle. Yhdessä tiedostossa on EEG-data, yhdessä tiedostossa mittauksen aikana tehdyt eventit. Käytännössä näissä tiedostoissa on syötetty tieto äänistimulaatiosta (trigger) ja mittauksen aikana dataan tehdyt merkinnät.

Taulukko 9, EEG-laitteiden tiedostomuodot

lääkintälaitte	data tiedosto	video tiedosto	stimulaatio tiedosto	tiedoston avaaminen
Cognitrace	EEG (x.cnt)	video	x.evt ja x.trg	Matlab avaa pluginin avulla potilas-tiedon
Cadwell EASY	EEG (eas)	.mpg tai gyd		ei pysty avaamaan ilman Cadwell:in ohjelmaa
Grass Telefactor	EEG .ref	.avi		käytetään TWin-ohjelmalla

Grass Telefactor -laitteen mittausdatat ovat datasijainnissa potilaan nimen mukaisissa kansioissa, joita tulee datamäärän kasvaessa useampia, tällöin järjestysnumero kasvaa. Lisäksi on erillisiä loki-tiedostoja sekä EEG-datalle että videodatalle. Seuraavassa taulukossa on lueteltu erikseen kyseisen laitteen lokitiedostot.

Taulukko 10, Grass Telefactor -laitteen lokitiedostot

Grass Telefactor laite	loki-tiedostot	loki-tiedostot
LOGFILE.QQQ, LOGFILE.TFN	LOGVIDEO.TFN, RECORD.LOG.TXT, ja RECORD.TFN	tiedot käytetyistä EEG-kanavista HEADER.DAT

Kahden samantyyppisen lääkintälaitteen lokitiedot on yhdistetty seuraavaksi samaan taulukkoon.

Taulukko 11, Twin ja Nicolet One-laitteiden lokitiedostot

lääkintälaitte	data	tiedostot	luettavuus
TWin-laitteisto	data-merkinnät ovat erillisiä tiedostoja	tallennusvaiheen montasivaihdot on eroteltu	ei kryptattu, kansioden nimet paljastavat osittain tietoja
NicoletOne	EEG-data .e	videot.avi-muoto	tiedostonimet kryptattuja
	mittauskohtaisissa numero-kansioissa	videot numerokansioden alikansioissa	SQL-tietokanta hallinnoi dataa niiden kansionumeroiden perusteella. Potilastiedot eivät näy ulospäin

Seuraavassa taulukossa on myös jaoteltu samantyyppisten laiteiden lokitiedostot

Taulukko 12, Lääkintälaitteiden tietokantojen sijainti

Lääkintälaitte	tietokanta	missä sijaitsevat
Cognitrace	MySQL-pohjainen	tiedostoihin kansioissa
NicOne	ovat SQL-pohjaisia	Access-pohjaista tietokantaa, jos verkkoa ei ole saatavilla.
Keypoint NET Meilahti	SQL-pohjaisia	tiedostoihin kansioissa
muut sovel- lukset Twin	perustuvat vain eri tiedostoihin kansioissa, omat ratkaisut	Ne eivät perustui tietokantoihin. Toki ne tiedostokansiot sijaitsevat kuitenkin palvelimella

4. TIETOKANTARAKENNE SQL JA MY SQL HUSLAB:IN OSALTA

Palvelinuudistus toi mukanaan lisää tallennuskapasiteettia myös HUSLAB:in KNF-osastojen potilasdatoille. Erilaiset tallennusformaatit asettavat edelleen haasteita palvelinjärjestelmälle ja tekniselle henkilökunnalle datan ylläpitotehtävissä, koska EDF-formaattia ei käytetä yleisesti.

4.1 Relaatiotietokannat ja rakenne

SQL-tietokanta koostuu kentistä (sarakkeista) ja riveistä (tietue). Talletettava tieto voi olla merkkitietoa, numerotietoa, binaaridataa, päiväystietoa. Kyseessä voi olla loogisen tilan ilmaisu tosi tai epätosi. Loogisia yhteyksiä noudattamalla tietokannasta saadaan eheä ja looginen. Määritellään perussarake, jonka avulla tietue saadaan uniikiksi. Perusavain sisältää tiedon yksilöimisen. Samanlaiset rivit samassa taulussa ovat kiellettyjä sekaannuksen välttämiseksi. Seuraavat yleisimmät tietotyypit yksilöivät SQL-tietokannan [16].

Taulukko 13, SQL-tietotyypit

numerotieto	float, integer, small int, real
merkkitieto	char, varchar
binääritieto	BLOB
päiväystieto	date, time, timestamp

4.2 Käyttöoikeudet HUS-tietojärjestelmän tietokannoissa

Tietokannan kautta avataan lääkäreille oikeudet käyttää järjestelmää. Fyysinen oikeus, oletustoiminnot ja käyttäjäryhmät ovat perustana sille, että on lupa käyttää tietokantaa. Käyttöoikeudet voidaan jakaa 3 eri tyyppiin, joita ovat fyysisen oikeus, oletustoiminnot ja käyttäjäryhmät. Niiden mukaan voidaan jaotella käyttöoikeuksia tietokannoille.

4.3 Verkkolisenssien tyypit HUSLAB-alueella

Lääkintälaitteiden verkkolisenssit luokitellaan periaatteessa 4 eri pääryhmään. Niitä ovat verkkolisenssi, yksittäinen HASP-lisenssi, konekohtainen ohjelmistolisenssi sekä verkkolisenssin ja ohjelmistolisenssin yhdistelmä.

1. Verkkolisenssi on asennettu palvelimelle. Sen USB-portista löytyy lisenssi, joka mahdollistaa 25 käyttäjän samanaikaisen toiminnan kyseisellä palvelimella. Käytännössä USB-tikulle on tallennettu tieto lisenssin määrästä ja laadusta. Lisenssi määrittelee myös käyttäjän käytössä olevat ohjelmiston optiot.

2. Yksittäinen HASP-lisenssi on asennettu työasemaan sarjaporttiin käytännössä yhteen tietokoneeseen sairaalan osastolla. HASP-lisenssin voi vaihtaa osastolla haluttaessa toiseen työasemaan, jos kyseinen ohjelmisto on asennettu kyseessä olevalle tietokoneelle. Yksittäiset USB-lisenssit kuuluvat tähän ryhmään.

3. Konekohtainen softalisenssi on asennettu johonkin työasemaan eikä sitä voi siirtää fyysisesti muihin koneisiin.

4. Verkkolisenssin ja ohjelmistolisenssin yhdistelmä on myös mahdollista toteuttaa, mutta tästä vaihtoehdosta ollaan siirtymässä USB-porttiin sijoitettavaan verkkolisenssiin. Aiemmin tällainen vaihtoehto oli yleisemmin käytössä, vanhemmat Cognitrace-lisenssiversiot olivat tällaisia.

4.4 Lääkintälaittekohtaiset verkkolisenssit KNF-palvelimen toiminta-alueella

Kliinisen neurofysiologian erikoisalueella käytössä olevissa lääkintälaitteissa on käytössä jokaisessa laitteessa lisenssi. Tämän takia ohjelmistojen asennuksessa on huomioitava tietty määrä lisenssejä käyttötarpeiden mukaan.

Taulukko 14, Verkkolisenssin sijainti lääkintälaittekohtaisesti

EEG mittauslaitteet	verkkolisenssin tyyppi	fyysinen sijainti palvelin rakenteessa
Cadwell EASY – laitteisto	Easy EEG-ohjelmistossa on myös koodit	työasemassa konekohtainen USB-tikku
Cognitrace-mittauslaitteisto	USB-tikku	palvelimella helmeidb30 sijaitseva tiedosto
Grass Telefactor	USB-tikku	
NicoletOne	USB-tikku	helmeisql03-tietokantapalvelimessa kiinni
Somnologica – laitteisto	USB-tikku	kiinni työasemassa tai palvelimella
Keypointeissa(sekä Classic että uudempi .NET	USB-tikku	työasemassa LPT-portin palikka HASP).
Meilahden Somnologica for Embletta	ohjelmistossa on lisenssikoodi	työasemassa

4.5 Tietoturvan parannus

IEEE 802.11 i -standardi toi helpotusta tietoturvaan vuonna 2004. Standardi sisältää 5 pääkohtaa [13, s. 82-83]. Niitä ovat TKIP-laajennukset, joihin kuuluu 128-bittinen salausavain, alustusvektorin osoiteavaruuden laajentaminen 48-bittiin ja vektorinvaihtojen määrittelyt, ryhmälähetys- ja levityskehysten salausavaimen kierrätys, sanoman eheyden tarkistaminen kryptografisesti.

Luotettavan salausavaimen hallinta perustuu avainpareihin. WLAN-asema ja yhteyspiste salaavat liikenteen parittaisella lähetysavaimella, joka vaihdetaan määrääjoin. Vahvalla AES-salauksella on toteutettu CCMP-lohkosalaus. Erillinen AES-salauspiiri on osana laitteissa, joka vaikuttaa laitteen suorituskykyyn.

Esitunnistuksen ja siirtymisen yhteyspisteestä toiseen ilman käyttäjän ja päätelaitteen uudelleen tunnistusta siten, että tunnistuspalvelin lähettää käyttäjätiedot muillekin yhteyspisteille. Toteutusohjeet satunnaislukujen generointiin voidaan ajatella seuraavasti. IPSec-virtuaaliverkot toimivat verkkokerroksella. Kaksi eri salattua tunnelia muodostetaan VPN-yhdyskäytävään päätelaitteesta. Luotettava avaintenvaihto tapahtuu toista käytävää pitkin ja salatut tai autentikoidut IP-paketit kulkevat toista käytävää pitkin. Virtuaalilähiverkkojen avulla tukiasema pystyy erottamaan erilaiset salaus- ja tunnistustavat. [13, s. 65.]

5. TIETOLIIKENNETEKNIIKAN JA VERKKOPALVELIMEN KÄSITTEITÄ

Keskeisiä tietoliikennetekniikan asioita käsitellään kuten datan siirtoa, verkkopalvelinta ja OSI-mallin kerroksia. Samalla selvitetään niiden keskeiset toimintaperiaatteet.

5.1 Datan siirto ja verkkopalvelin

Datan siirtämistä paikasta toiseen sanotaan tietoliikenteeksi. Digitaalista, bittimuotoon muutettua tietoa sanotaan dataksi. Se voi olla tekstiä, kuvaa, ääntä ja liikkuvaa kuvaa. Kokonaisuudessa tarvitaan lähettäjä, vastaanottaja, itse lähetettävä viesti ja sen lisäksi kanava, jonka avulla viesti kulkee.

Siirtotien ja päätelaitteen välissä verkkopääte toimii sovittimena. Verkkopäätteen avulla data saadaan siirtotien haluamaan muotoon ja palautetaan takaisin päätelaitteelle sopivaksi. Verkkopäätteet toisiinsa yhdistää siirtotie tai kanava. Tässä työssä keskitymme digitaaliseen tiedonsiirtoon. Tämä muoto on diskreetti, koska sen saamat erilliset arvot voidaan koodata kokonaisluvuiksi. Henkilökohtaisella käyttäjätunnuksella ja salasanalla pääsee käyttämään verkkotyöasemaa. [17, s. 231-232.]

Verkkopalvelin eli palvelinkone toimii usein tiedostopalvelimenä lähiverkossa. Tässä samassa verkossa olevien koneiden yhteiskäytössä on tiedostopalvelimen eli verkkopalvelimen kiintolevy. [17, s. 231-232.]

Verkkopalvelimen tunnusomaisia ominaisuuksia ovat prosessorit, työasemaa suurempi keskusmuisti ja työasemaa suuremmat kiintolevyt SCSI-väylässä. Lisäksi laitteistosta löytyy usein useampi verkkokortti, perusnäytönohjain, näyttö ja verkkokäyttöjärjestelmän palvelinversio. Työasemalisenssit on resursoitu työasemien lukumäärän mukaan. [17, s. 231-232.] Verkkoa ylläpitävät laitteet ovat toistin, silta, reititin, yhdyskäytävä, keskitin, kytkin ja mediamuunnin [17, s. 235-238].

5.2 OSI-mallin kerrokset

OSI-viitemallissa vertaiset kerrokset kommunikoivat keskenään. Mallissa informaatio kulkee eri tietokoneilla olevien sovellusohjelmien välillä verkon siirtomedian kautta. Mitä alemmas kulkeva media siirtyy kerrosta, sitä vähemmän käytetään ihmiskieltä. Ykköset ja nollat ilmaantuvat käyttöön fyysistä kerrosta lähestyttäessä yhä enemmän. [18, s. 6.]

OSI-malli rakentuu 7 eri osiosta eli kerroksesta. Jokaisella kerroksella on oma tehtävänsä. Taulukossa on lueteltu OSI-mallin kerrokset.

Taulukko 15, OSI-mallin kerrokset

Kerroksen numero	kerros	tehtävä
7	Sovelluskerros	Verkkoprosessit sovelluksille
6	Esitystapa	Datan esittäminen
5	Istunto	Isäntien välinen kommunikointi
4	Kuljetus	Päästä päähän yhteydet
3	Verkko	Osoitteet ja paras polku
2	Siirtoyhteys	Pääsy mediaan eli siirtotiehen
1	Fyysinen kerros	Binäärimuotoinen siirto

Kun kommunikointi tapahtuu toisen järjestelmän vertaiskerroksen kanssa siirtojaksojen PDU (protocol data units) muodossa, niin silloin omat kerrosprotokollat ovat käytössä kussakin kerroksessa [18, s. 426].

Verkko-, siirtoyhteys ja fyysinen kerros ovat 3 alinta kerrosta, ja ne huolehtivat datan siirrosta intranetissä ja internetissä. OSI-mallin verkkokerroksessa on reitittävänä protokollana Internet protokolla(IP). IP siirtää paketin kerrallaan lähde- ja kohdeosoitukseen. Yhteydetön IP ei takaa datan perillemenoä. [18, s. 426.]

5.3 Kerrosmallin keskeisiä toimintaperiaatteita

Sähköiset ja mekaaniset proseduraaliset sekä toiminnalliset välineet ovat osa binaarimuotoista siirtoa fyysisellä kerroksella. Järjestelmien välisen fyysisen yhteyden aktiivointi ja ylläpitäminen tapahtuu täällä. [18, s. 4-5.]

Pääsy mediaan eli siirtotiehen käsitellään siirtoyhteyserroksella. Tämä tarkoittaa fyysisestä lähetyksestä huolehtimisesta mediassa. Virheilmoitukset, verkkotopologia ja vuonohjaus hoidetaan tässä kerroksessa. Fyysinen osoite eli Media Access Control on käytössä tässä kerroksessa. [18, s. 4-5.]

Verkkokerros päättää parhaasta tavasta siirtää dataa paikasta toiseen. Reititin toimii tässä kerroksessa. Loogiset osoitteistusmallit ovat käytössä, ja verkon pääkäyttäjä voi hallita niitä. Kuten IP, AppleTalk-, DECnet-, VINES- ja IPX-osoitteistusmallit. Ne koostuvat verkko- ja isäntäosiosta.

Kuljetuskerros segmentoi ja uudelleen kokoaa dataa datavirraksi vastaanottavassa isännässä. Luotettavan siirron ja yhteyden hoitaa tämä kerros. Tässä kerroksessa käytetään SequencedPacketExchange, TransmissionControlProtocolaa. [18, s. 430.]

Istuntokerros muodostaa, ylläpitää ja hallitsee sovellusten välisiä istuntoja. Esitystapakerros saa palvelunsa tältä kerrokselta. Käytettyjä protokollia tässä kerroksessa ovat NFS, SQL, RPC, DNA SCP ja ASP [10, s. 429]. Tämä kerros synkronoi esitystapakerrosten välisen keskustelun. [19, s. 56.]

Esitystapakerros vastaa tiedostomuodon esitystapa- ja muutospalveluista. Syntaksin neuvottelu kuuluu tähän kerrokseen. Kohteena oleva sovellus saa täältä tiedon, että se voi käyttää tulevaa dataa. [19, s. 56.]

Sovelluskerros tarjoaa käyttäjien sovelluksille verkkopalveluita. Tiedonsiirtopalvelut hoidetaan esimerkiksi tekstinkäsittelysovelluksille tällä kerroksella.

5.4 Verkko-osoitteen muodostuminen

IP-osoitteen jako pienempiin osiin kuten verkkonumeroon, aliverkkonumeroon ja isäntänumeroon on nimeltään segmentointi. Nämä ovat aliverkkoja, jotka koostuvat 32-bittisestä aliverkko-osoitteesta. Tämä osoite muodostetaan lainaamalla bittejä isäntäkentästä. Ulkopuolisille verkoille ei näy aliverkon osoitteet. Verkon rakenne paranee tällä tavoin. [18, s. 12].

Verkko-osoite koostuu sekä polku- että isäntäosasta. Polun tunniste on reitittimen käytössä verkkopilvessä ja tietyn portin tai laitteen tunnisteena käytetään verkko-osaa. Paketin lähde- tai kohdeverkon tunnistaminen onnistuu reitittimeltä verkko-osoitteen avulla.

Verkkokerroksessa toimii Internet Control Message Protocol. Se hoitaa valvonta -ja sanomanlähetysominaisuuksia. ARP (Address resolution Protocol) vastaa siirtoyhteysskerroksen osoitteiden hoitamisesta tunnettujen IP-osoitteiden avulla. Reverse ARP todentaa verkko-osoitteet tiedossa olevien siirtoyhteysskerroksen osoitteiden avulla. [18, s. 12.]

ICMP-vakioviestien lähetyt toimii seuraavasti. ICMP-viestejä, jotka toimivat virhe -ja valvontaviestien lähettämisseä, kuljetetaan IP-tietosähkeissä. Reitin lähettää ICMP-viestin lähteeseen. Sen perusteella saadaan tietoa, onko kohde tavoitettavissa.

Jos tunnettua polkua ei löydy kohteeseen niin paketit jää lähettämättä. Vakioviestejä on koottuna seuraavaan taulukkoon.

Taulukko 16, ICMP vakioviestit [18, s. 16]

Destination unreachable – Kohde tavoittamaton
Time exceeded – Aika ylitetty
Parameter problem – Virheellinen IP-paketin rakenne
Source quench – Vuon valvonta
Redirect – Reitin muutos
Echo – Testaa tavoitettavuutta
Echo reply – Testaa tavoitettavuutta
Timestamp reply – Siirtoajan arviointi
Information request – Verkko-osoitteen hankkiminen
Information reply – Verkko-osoitteen hankkiminen
Address request – Osoitteen hankkiminen
Address reply – Osoitteen hankkiminen

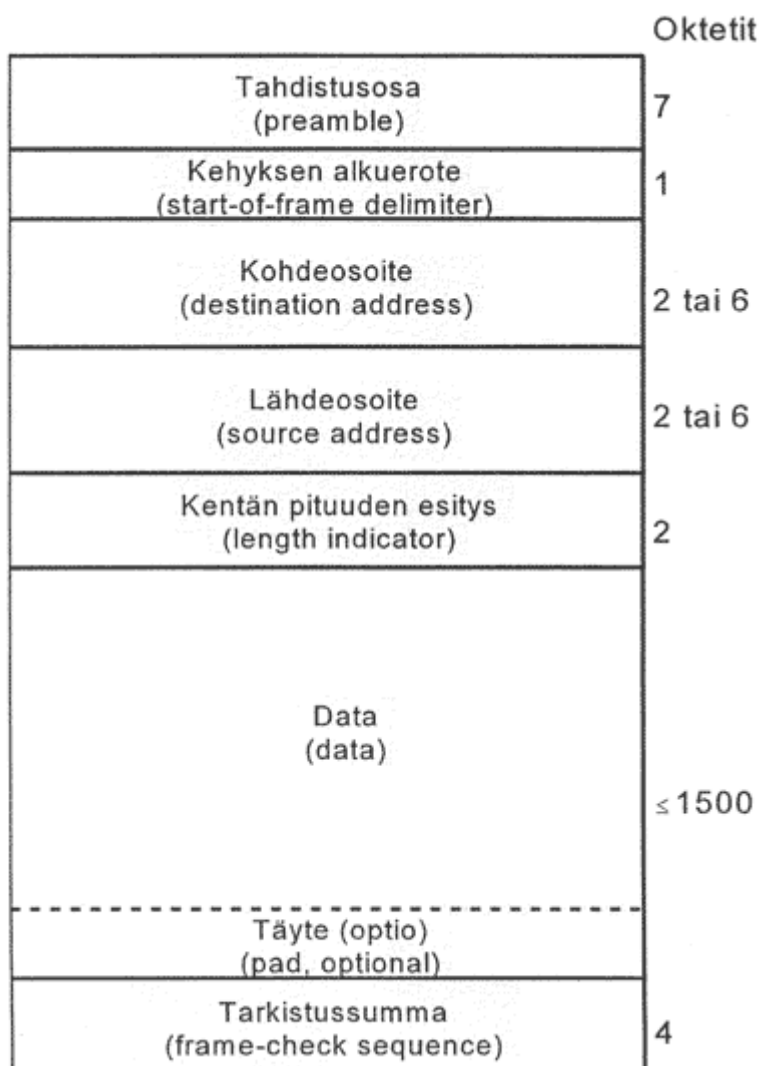
Lähiverkossa puhutaan tietoyksiköistä kehyksinä, koska MAC-osoite riittää lähteestä kohteeseen pääsemiseksi. Kun siirrytään internetin kautta siirrettävän datan käsitteilyyn, niin puhutaan paketista tai tietosähkeestä ja lopullinen kohdeisännän osoite löydyt paketin verkko-osoitteesta. Siirtoyhteysskerroksen tieto on taasen paikallista. [20, s. 105.]

IP - ja MAC-osoitteet on oltava tiedossa kommunikoitaessa Ethernet-verkossa sekä lähdeosoitteessa että kohdeosoitteessa. Lähettävän internetprotokollan täytyy löytää ARP-tilustaan kohteen MAC-osoitetta vastaava IP-osoite, kun protokolla on ensin päätellyt sen. Löydettyään MAC-osoitteen, se sidotaan IP-osoitteeseen ja datan kapselointi käyttää näitä hyödykseen. [18, s. 16.]

Fyysiseen- ja siirtoyhteyserroksen yhteydessä oleva verkkokerros toimii reitittimen antamien ohjeiden mukaan saumattomasti. Alempien kerroksien kehyksiin kapseloidut paketit käsitellään reitittimissä, eivätkä niiden osoitteet saa muuttua. [18, s. 18.]

5.4.1 Ethernet-kehyksen rakenteen tarkastelu

Reitittimet ja kytkimet lähettävät Ethernet-kehyksiä eteenpäin. Kehys koostuu Ethernet -otsikosta, johon kuuluvat MAC-kohdeosoite ja MAC-lähdeosoite ja datakerroksista 3-7 sekä Ethernet-lopukkeesta, joka käsittää FCS-osion.

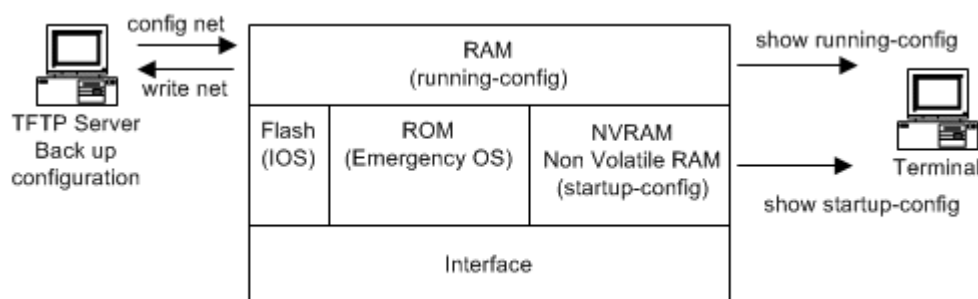


Kuva 9, Ethernet-kehyksen rakenne

MAC-osoite on 48-bittinen 8-numeroinen heksadesimaalinen osoite. Siinä on 24-bittinen valmistajakoodi ja 24-bittinen valmistajan antama laitekohtainen sarjanumero. Protokollavaatimukset asetetaan tietyllä tavalla datan rakenteesta. Yhteisen kielen avulla tiettyjä sääntöjä noudatetaan ja määritellään datan rakenne ja siirto. Käytännössä tietokoneen kyseinen kerros kommunikoi toisen tietokoneen vastaavan kerroksen kanssa. Nämä käytetyt säännöt ja käytännöt ovat nimeltään kerroksen protokollana. Datan kulun ehtona on, että verkon kaikki laitteet käyttävät samaa kieltä. [19, s. 48-49.]

5.4.2 Reitittimen toiminnot

Reititin toimii verkkokerroksessa ja on sen kerroksen tärkein laite. Mutta 1-kerroksessa toimiessaan reititin hoitaa bittien kulun mediaan liitäntöjensä kautta [19, s. 106.]



Kuva 10k, Cisco-reitittimen rakenne

Kun vastaanotetaan siirtoyhteyskehys reitittimen liitännöistä, saadaan verkkokerrosprossessin avulla tutkittua kehyksen otsikkoa. Siinä saadaan selville kohdeverkko ja reititystaulun tiedot, missä hoidetaan sekä verkkojen toisiinsa yhdistäminen että ulosmenevät liitännät. Otetaan käyttöön uudelleen valittu siirtoyhteyskehys ja kapseloidaan paketti jonoon odottamaan seuraavaa polun toimitusta. [18, s. 19.]

5.4.3 Verkkolaitteiden toiminnot

Kapseloinnista huolehtivat isännät ja palvelimet toimivat kerroksissa 1-7. Lähetinvastaaottimet, toistimet ja keskittimet ovat 1-kerroksen aktiivisia laitteita. Niissä käsitellään vain bittejä, ja ne käyttävät energiaa toimiakseen. Liitäntäkaapelit, välikaapelit ja ristikytkentäpaneelit ovat passiivisia laitteita 1-kerroksessa. Verkkokortit ovat sekä 1-kerroksen että 2-kerroksen laitteita, koska ne huolehtivat koodauksesta ja signaloinnista. Sillat ja kytkimet hoitavat liikenteen säätelyn. [19, s. 104.]

5.4.4 Verkkosegmentit

1-kerroksen mediallyä tarkoitetaan yleensä segmenttiä. Muitakin määritelmiä on käytössä, kuten 4-kerroksen PDU-yksikkö. Kun verkkoon lisätään uusi laite, niin verkon pituus muuttuu, tapahtuu laajennus ja syntyy uusi segmentti (langattomat ratkaisut, optinen kuitu). Toisiinsa liitetyt verkkolaitteet muodostavat segmenttejä, joista muodostuu kokonainen verkko. [20, s. 101-102.]

5.5 Langattoman lähiverkon ominaisuuksia

Lähiverkkoa tuetaan langallisen verkon lisäksi langattomalla verkolla (IEEE 802.11-standardi). Uudentyyppisten päätelaitteiden ja sovellusten käyttö mahdollistavat langattomuuden vartenotettavana vaihtoehtona. Kyseessä ovat tällöin tilapäiset verkot ja erikoiskohteet. Yhteysnopeutena langattomassa verkossa käytetään Euroopassa 54 Mbit/s, 5 GHz:n tai 2 GHz taajuuksilla vapaasti ilman lupaa. Langattoman verkon suorituskyky ei vastaa langallisen lähiverkon suorituskykyä. [14, s. 13.]

Siirtokerroksen LCC (logical link control) lähettää kehykset verkkokerroksen protokollille ja vastaanottavassa päässä järjestää paketiiksi fyysisen kerroksen raakabitit datakehyksiin. MAC-kerros toimii alemmalla kerroksella ja on vastuussa asynkronisista datapalveluista ja tietosähkeiden järjestyksen palauttamisesta sekä WEB-salauksen järjestelyistä, mikäli on tarvetta.

Fyysinen kerros koostuu kahdesta osasta konvergenssikerroksesta ja mediasta riippuvasta kerroksesta. Bittinopeudet hoidetaan sopiviksi sekä fyysiset siirtotiet määritellään yhtenäisiksi PPDU-kehyksen avulla konvergenssikerroksella. Kun taas kanavointitavan, hajaspektritekniikan ja modulaation hoitaa mediasta riippuva kerros.

Hajaspektritekniikka on käytössä langattomissa lähiverkoissa. Osakanavat hoitavat lähettyksen rinnakkain monikanavaisesti. OFDM-monikantaaaltomodulointi on tunnusomaista 802.11a ja g-standardeille. [14, s. 25.]

5.5.1 Yhteyspiste langallisen ja langattoman verkon välillä

Langallisen ja langattoman verkon välillä yhteyspisteen tehtävänä on toimia siltana siirtoeroksella. Liityntätaulukoon on merkitty kaikkien langattomien asemien liityntätunnukset ja MAC-osoitteet. Liityntätaulukko sijaitsee yhteyspisteessä. [14, s. 131.]

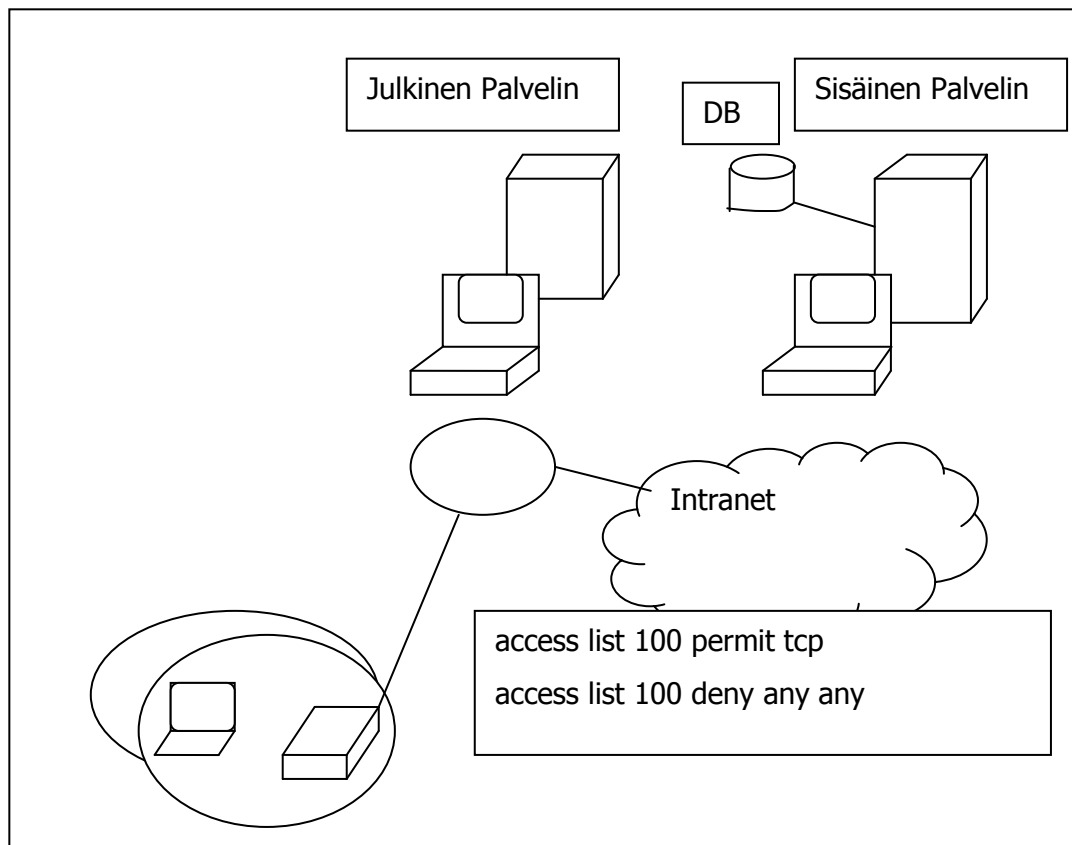
WLAN-verkon ja lähiverkon välillä langattomat päätelaitteet liittyvät infrastruktuuriverkossa yhteyspisteeseen. Yhteyspisteiden peittoalueet menevät osittain päällekkäin suuremmissa monen yhteyspisteen käsittävissä jakelujärjestelmällä toisiinsa liitettävässä järjestelmässä. Toisiaan häiritsemättömiä radiokanavia voidaan tällöin ainoastaan käyttää vierekkäisissä soluissa. Päätelaitteet saavat ajoittain majakkasanoman niiden peittoalueella olevilta yhteyspisteiltä, joiden parametrit ja olemassaolo selviää päätelaitteille. Langaton asema etsii verkkoa WLAN-verkkosovittimen aktivoituessa. Päätelaite valitsee sopivan kohdeverkon, kun verkon SSID-tunnus on aktivoitu ja päätelaitteen parametrit on säädetty sopiviksi. [14, s. 131.]

Yhteyspisteen tunnistus käy jaetulla tai salatulla avainmenetelmällä ja langaton asema saa luvan liittyä verkkoon. Tapahtuu aseman rekisteröinti, jonka tukiasema suorittaa. Useamman tukiaseman tunnistus tapahtuu samanaikaisesti, jotta solusta toiseen vaeltaminen on myöhemmin mahdollista. Siihen tarvitaan siirtymispäätös, uudelleen liittymispyyntö ja uudelleen liittymisvaste uuden yhteyspisteen kanssa. Vanha yhteyspiste saa uudelta yhteyspisteeltä tiedot ja lähettää puskurissaan olevat tiedot uudelle yhteyspisteelle. Näin päätelaite saa tiedot itselleen. [14, s. 131.]

Erillisiin virtuaalilähiverkkoihin (VLAN ja virtual LAN) määritellyt asemat kytkentäisissä lähiverkoissa eivät voi kommunikoida suoraan keskenään. Pakettiliikenteen kontrollointi tapahtuu päätylistojen avulla, kolmostason verkkoelementin kautta. Verkon segmentointi, liikenteen kontrollointi ja levitysviestien ohjaus hoidetaan VLAN:ien avulla. Yhteyspisteen ominaisuuksista riippuen voidaan lisämerkintäotsikon avulla

(802.1Q) käyttää VLAN langattomissa lähiverkoissa. Erilaiset tunnistus- ja salausmenetelmät otetaan käyttöön SSID-tunnuksille ja IP-aliverkosta annetaan SSID-tunnuksen mukainen IP-osoite päätelaitteelle. Määritelyyn VLAN:iin yhteyspisteen liittäminen SSID-tunnus kulkee lankaverkkoon kehyksenä 802.1Q-otsikolla varustettuna.

VLAN tunnisteiden ja lähteen IP-osoitteen mukaisesti tason 3 runkokytkin voi kontrolloida liikennettä. Näin saadaan turvatasosta riippuen langattomille asemalle järjestettyä eritasoisia palveluja. [14, s. 96.]



Kuva11, Periaatekuva virtuaaliverkot WLAN-ympäristössä [6, s.96,]

5.5.2 WLAN-verkkojen suorituskyvyn arviointi

Suorituskyvyn mittaaminen yksiselitteisesti on vaikeaa. Liikenteen profiilista johtuvat erot ja sovelluksien eri vaatimukset verkolle aiheuttavat eroja suorituskyvyn mittarin yleispätevään mittaamiseen. [14, s. 99.]

TCP-kuljetusta käyttävä puhdas tiedonsiirto edustaa tietynlaista vaatimusten osaa- aluetta, koska viiveen vaihtelu ei vaikuta siihen kovinkaan herkästi. TCP:n sekvenssi- ja kuittausnumerot korjaavat mahdolliset siirrosta aiheutuneet virheet uudelleen lähetyksen avulla. Yksi tiedonsiirron mittari on tiedonsiirron tehokkuus. Verkon siirtonopeus kertoo, montako bittiä verkko pystyy siirtämään sekunnissa. [14, s. 100.]

Toisenlaista osa-aluetta edustavat tosiaikaiset multimediasovellukset, jotka lähetetään kiinteällä nopeudella. Kyseessä on video- ja äänitiedostot, eikä kehyksiä voida lähettää ajan puutteen vuoksi uudelleen. Viipeelle ja sen vaihtelulle on asetettava tarkat rajat, jotta kehykset eivät myöhästy tai häviä. Tässä vaiheessa on syytä huomioida riittävä verkon siirtonopeus sovelluksen vaatimuksien suhteen. [14, s. 100.]

Siirtonopeutta rajoittaa 20-30 % törmäyksiä estävä vuonvaraus sekä kehystykset ja kuittaukset. Virtuaalinen kantoaallon kuuntelu, radioaaltojen vaimentuminen, radiohäiriöt ja kehysten uudelleen lähetykset 802.1g-tasolla pienentävät käytännön siirtonopeutta solukohtaisesti. Eniten siirtonopeuteen vaikuttavia tekijöitä ovat bittinopeus, virtuaalinen kantoaallon kuuntelu, kehysten pilkkomisrajat sekä alkumerkin mitta. [14, s. 99.]

Kaikki aktiiviset asemat yhteyspisteen alueella jaetun median verkossa jakavat siirtonopeutta. Kehysten puskurointi, uudelleen lähetykset, päätelaitteen vaeltaminen toisen solun alueelle sekä tehonsäästötoiminnot päätelaitteessa tekevät oman vaikutuksensa viiveeseen. Verkon viiveen ja viiveen vaihtelun muutoksiin vaikuttavia tekijöitä ovat solusta toiseen ohjaavat asetukset, tehon säätötapa ja torkkuvan aseman interval. [14, s. 99.]

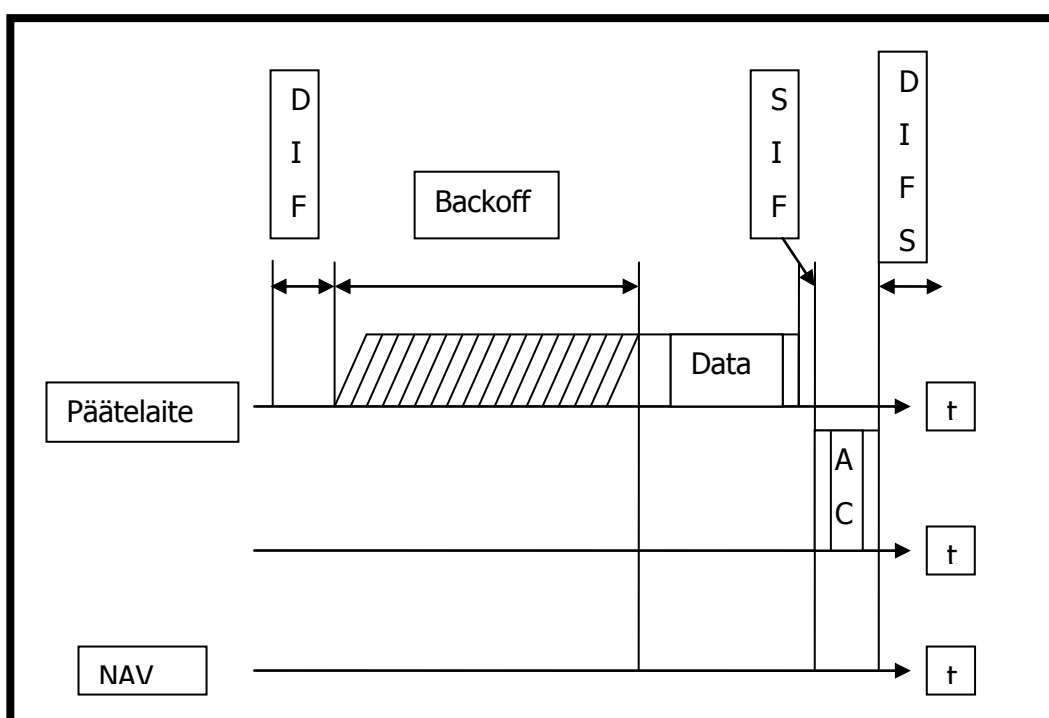
Langattoman lähiverkon suorituskykyyn vaikuttavia tekijöitä ovat yhteensopivuus, radiolähetykseen, verkkoon liittyminen, vuonvaraus ja tehonsäätö.

5.5.3 Vuonvarauksen toiminnan ja siirrettyjen kehysten tarkastelu

Esimerkin avulla tarkastellaan vuonvarauksen toimintaa sekä siirrettyjen kehysten käyttäytymistä, kun maksimimittaisia kehyksiä lähetetään mahdollisimman nopeasti yhden päätelaitteen toimesta. Tässä pitää huomioida, että muut päätelaitteet eivät lähetä kuljetuskerroksen kuittauksiakaan. Kyseisessä tapauksessa yhteensopivuutta tarkastellaan 802.1g-ympäristössä. Näin verkon optimointi onnistuu ilman yhteensopivuutta taaksepäin. Siirtovirheitä ei synny. Käytössä on suurin mahdollinen siirtonopeus. Datakentän koko Ethernet- ja 802.3-kehyksessä on enintään 1500 tavua. Suurin mahdollinen lähiverkon kehysten lähetyiskyky on 1518-tavun kehys kerrallaan. [14, s. 103.]

Seuraavassa kuvassa numero 6 nämä vaiheet on nähtävillä. Tämän hetken ainoa aktiivinen päätelaite odottaa DIFS-ajan $28 \mu s$ ja edellisestä keskustelusta radiotie on vapautumassa.

DFC-ajan (kehysten välisten toiminnan) jälkeen päätelaite antaa satunnaisluvun ja odottaa satunnaista ajan, jotta vältetään törmäyksiltä. Odotusaika on $100 \mu s$ luokkaa. PPDU-kehys lähetetään päätelaitteen toimesta. Datakenttä koostuu $28 + 2312$ tavusta. SIFS-ajan pituus on $10 \mu s$, jonka yhteyspiste odottaa. ACK-kehysten avulla yhteyspiste kuittaa vastaanottaneensa sanoman 14 tavua MPDU-otsikoita.



Kuva 12, CSMA/CA-vuonvaraus ja 802.11-kehykset

Esimerkin vuoksi tarkastelemme muutamaa käsitettä. Odotteluun ja kuittaukseen kuluu $195,481 \mu s$ ja datakehysten lähettämiseen $367,08 \mu s$. 28 tavua MAC-kerroksen otsikoja kuuluu fyysisen kerroksen datakehykseen, joten siirtonopeus on tämän perusteella seuraavan kaavan mukainen. [14, s. 104.]

$$R = \frac{I}{t} = \frac{2312 * 8b / B}{195,481 \mu s} = 32,9 Mbit / s$$

Käytännössä edellisen tyyppistä tilannetta ei voi esiintyä, koska häiriöt, uudelleenlähetykset, sanomien katoaminen ja hylkääminen viallisina, asemien varauspyynnöt ja lyhyemmät kehykset pienentävät siirtonopeutta. Yhtenä osatekijänä sovelluskerroksen suorituskykyyn alentavasti vaikuttavat verkko, kuljetus ja sovelluskerroksen otsikot omalta osaltaan.

5.5.4 WLAN-verkkoon liittyminen ja työaseman tunnistus

Majakkasanoman, Beaconin avulla yhteyspiste ilmoittaa olemassa olostaan langattomille työasemille. Majakkakehyksen datakentässä pakolliset kentät ovat oikeassa järjestyksessä. [14, s. 135.]

Taulukko 17, Majakkakehyksen datakentät

aikaleima
majakkasanomien aikaväli
Capability info
SSID-tunnus

Lisäksi kehyksessä pakollisten kenttien lisäksi voi olla seuraavia kenttiä,

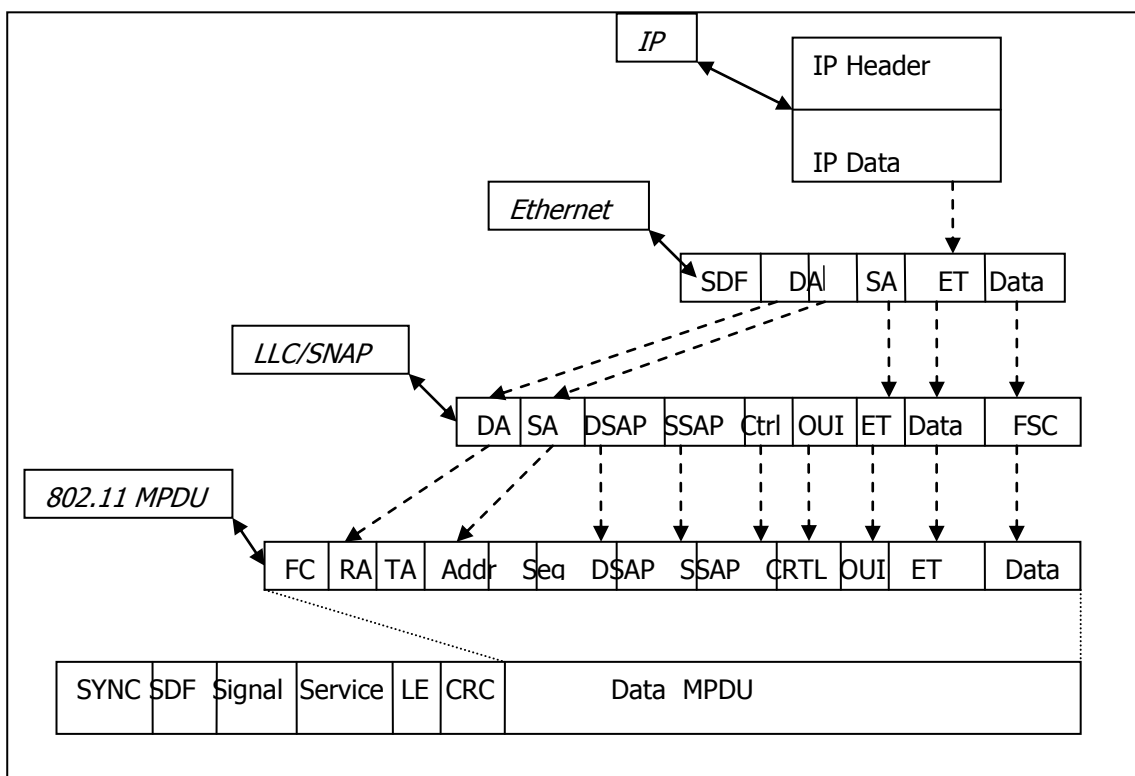
Taulukko 18, Kehyksen sisältö pakollisten kenttien lisäksi

tuetut bittinopeudet
FHSS-verkkojen taajuushyppelyn parametrit
suorasekvenssilähetysten parametrit
kilpailuttoman toiminnan CF-parametrit
IBSS-parametrit ilman tukiasemaa
TIM-puskuroidut kehykset

Langaton työasema käynnistyttyään etsii verkkosovittimensa avulla WLAN-verkkoa. Verkkosovittimessa määritellyt asetukset ja yhteyspiste lisäävät työaseman tiedot työtauluunsa, ja liikennöinti on mahdollista muiden langattomien työasemien ja langattomien asemien kanssa. Tunnistuksen jälkeen liittyminen on mahdollista seuraavilla sanomilla: Association Request, Association response ja Association ID sekä mahdollisesti

aiheeton ARP-viesti Gratuitous ARP, jolloin Ethernet-kytkin liittää langattoman työase-
man MAC-osoitteen yhteyspisteen porttiin. [14, s. 137.]

IP-paketin siirto lankaverkosta langattomaan verkkoon työtetään WLAN-otsikoiden
tiedoista. Tässä on kyseessä kolmen otsikkokentän käytöstä MPDU-kehyksessä. Vas-
taanottajalla käytetään osoitteena Ethernet-kohdeosoitetta. BSSID on lähettäjän yh-
teyspisteen osoite ja kolmanneksi osoitteeksi kirjataan Ethernet-kehiksen lähdeosoite.
MPDU-kehiksen tarkistussumman generointipolynomi on lasketava uudestaan, koska
kehiksen kentät ja sisältö ovat muuttuneet. MPDU-kehikseen täytyy lisätä vielä fyysi-
sen kerroksen PPDU-kehiksen otsikkokentät. Yhteyspiste varmistaa kehiksen perille
menon, sillä radiotiellä siirretyn kehiksen kuittauksen on hoitanut päätelaite. [14,s.
142.]



Kuva 13, IP-paketin siirto

6.TIETOVERKON RAKENNE HUSLAB-JÄRJESTELMÄSSÄ

Aluksi tarkastelemme verkkojen tyyppejä ja keskeisimpiä komponentteja. Siten selviää niiden toiminta ja luonne. Kaapelien, radiotien tai valokuidun avulla toisiinsa yhdistettyjä ja toisiensa kanssa kommunikoivat tietokonelaitteet muodostavat tietoverkon. LAN-verkko on pienen alueen sisäistä tietoliikennettä toteuttava verkko, jossa siirtokapasiteetti on suuri. Verkko koostuu verkkolaitteista, kaapeleista, työasemista ja palvelimista. MAN-verkot kattavat esimerkiksi kuntayhtymän, kaupungin tai taajamanalueella toimivat kokonaisuudet.

WAN-verkolle on tyypillistä maan rajojen ulkopuolelle ulottuminen, jopa maanosien välinen verkkorakenne. Nämä verkot yhdistävät lähiverkkoja ja teknisesti niitä valvoo teleoperattori [21, s. 4].

Ohjelmistojen ja käyttöjärjestelmien avulla saadaan verkot toimiviksi tiettyjen sääntöjen avulla. Esimerkiksi työsemaverkkoon on luotava verkkoyhteydet verkkokäyttöjärjestelmien avulla. Tietokantojen, sähköpostin ja tulostimien avulla työasemien välinen kommunikointi onnistuu [21, s. 5]. Palvelimien avulla jaetaan yhteinen levytila, tulostinten jakaminen, verkkosovellusten käyttö ja ulkoiset yhteydet [21, s. 6].

6.1 Intranetin perusrakenne HUS-tietoverkossa

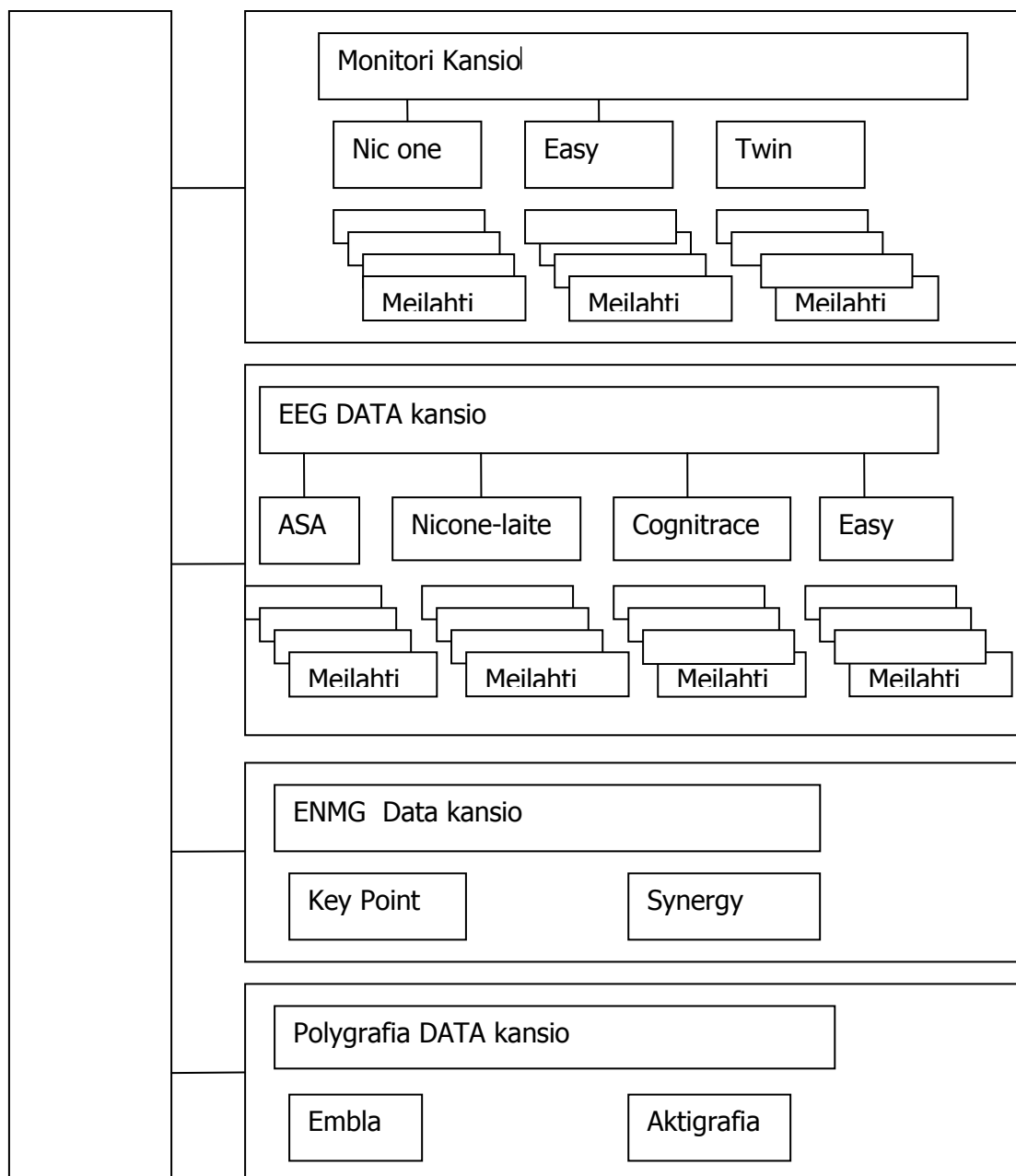
Oleellista on selvittää datan kulku KNF-osastolta Meilahden uudelle palvelimelle, koska mittausdataa haetaan uudelta palvelimelta Meilahdesta usein. Jorvissa mittauslaite on yhdistetty verkkoon RJ45-liittimellä, josta data kulkee kuparikaapelia pitkin 100 Mb:n kerrosjakamoon asti. Siellä törmätään kytkimeen ja matka jatkuu valokaapelin turvin. Valokuitukaapeli (1 Gb) kulkee Jorvin talojakamoon asti. Reititin hoitaa tehtävänsä täällä. Valokuitukaapelit 2 x 1 Gb kuljettavat dataa Meilahteen asti. Näin päästään koneisiin asti Meilahdessa.

Sisäverkosta päästään yhden pisteen kautta internetiin FW:n, DMZ-pisteen kautta. Network Access Point -linkin kautta. Tässä kohdassa sijaitsee palomuuuri. Verkkopalvelin sijaitsee sairaalakohtaisesti konesalissa. Konesalissa sijaitsevat My SQL ja SQL tietokantapalvelimet sekä Fileserver -helmeidb30. Nämä on jaettu pienempiin kansioihin. EEG, ENMG, Monitori, Polygrafia, antivir ja väliaikainen kansio löytyvät täältä.

6.2 Datakansioiden rakenne

HUS-ympäristö perustuu Domain-ajatteluun sekä toimistokoneet, lääkintälaitteet, käyttäjätilit ja palvelimet ovat HUS.fi-domainissa, jota hallinnoidaan Active-Directoryn avulla. Tiettyjen ohjelmien tiedostoihin päästään käsiksi tietokantojen kautta. Datakansioita selaamalla ei ole mahdollista päästä kaikkiin tiedostoihin.

Datakansiot on jaettu 4 osaan. Esimerkikiksi EEG-datakansio on jaettu lääkintälaittekohtaisesti 4 osaan. Sairaalakohtainen kansio selkiyttää datan sijoittelua vielä erikseen kunkin laitteen kohdalla. Datakansion rakenne on kuvattu seuraavalla sivulla.



Kuva 14, Datapalvelin kansiorakenne

7. LANGATTOM YHTEYS PALVELIMELLE

Langattoman yhteyden avulla muodostetaan yhteys HUSLAB-datapalvelimelle ja haetaan esimerkiksi päivystyspotilaan EEG-datan tiedosto lääkärin omalle kannettavalle tietokoneelle HUS-verkon toimialueella. Kun lääkärillä ei ole mahdollisuutta kytkeä kannettavaa tietokonetta verkkokaapelin avulla Intranet-verkkoon, vaan yhteys hoidetaan langattomasti joko Elisan 3G-verkon avulla tai HUS:in oman WLAN-yhteyden avulla. Päivystysmittauksessa verkkolevyllä jo tallennettu EEG-data on haettavissa palvelimelta luettavaksi milloin tahansa. Langattoman yhteyden avulla esimerkiksi EEG-data tiedostoon pääsee käsiksi joko Elisan 3G-yhteydellä tai WLAN-yhteyden avulla.

HSDPA-teknologia on nykyisten UMTS –verkkojen päivitysversio: High speed Downlink Packet Access (HSDPA) perustuu WCDMA–standardiin. 5 Mbit/s on maksimaalinen laajakaistan tiedonsiirtonopeus. Nopeutus koskee pääasiassa vain liikennettä verkosta päätelaitteelle. Käytetty nopeus on yleensä 1,8 Mbit/s, 3,6 Mbit/s, 7,2 Mbit/s tai 14,4 Mbit/s. Käytännössä tiedonsiirtonopeus jää huomattavasti alle näiden lukujen. Nopeuteen vaikuttavat käytetyt päätelaitteet ja yhteyden laatu. HSDPA vaatii toimiakseen sitä tukevan päätelaitteen. [22, s. 1.]

7.1 Langattoman 3G-yhteyden muodostus arkistopalvelimelle HUS-verkossa

3G-yhteys muodostetaan HUS-verkkoon langattomasti Elisan mobiililaajakaista-palvelun kautta. Käyttäjä identifioidaan henkilökohtaisella HUS-toimikortilla käyttäjävakioidulla kannettavalla työasemalla järjestelmään. Käyttäjä kytkeytyy omalle pöytäkoneelle etäyhteydellä, jolloin hänen on mahdollista käyttää sähköpostiaan ja internet-selaintaan.

Kun hän ottaa VPN-yhteyden, hän saa siirrettyä pöytäkoneen näytön omalle kannettavalle tietokoneelle. Tällöin kyseessä on datan ja kuvan siirto salatusti esimerkiksi internetverkon yli. Näin hänen on mahdollista avata yhteys eri tiedostopalvelimille. Sovelluksen avaus mahdollistuu tämän jälkeen. Käytännössä tällä tavalla 3G-tekniikkaa käyttäen EEG-datan luku palvelimelta on erittäin hidasta.

7.2 EEG-datan haku WLAN-yhteyden avulla palvelimelta

Toinen vaihtoehto on ottaa yhteys palvelimelle on WLAN-yhteys. WLAN-tukiasemia on tällä hetkellä HUS:in alueella vain muutamassa paikassa, joten yleisempää on käyttää Elisan tuottamaa 3G-palvelua. Se on kuitenkin tällä hetkellä varsin hidas tapa lukea dataa, joten sen käyttö on rajoittunutta.

WLAN-yhteys on käytännössä toimivampi kuin 3G-yhteys. EEG-Datan luku on vaivattomampaa. EEG-tiedosto aukeaa palvelimelta haettaessa vaivattomammin. Lukutilanteessa verkkoviive on huomattavasti pienempi kuin 3G-yhteyden kanssa. Erikoislääkäri lukee EEG-dataa näytön sivu / sekunti vauhdilla ja tämä on mahdollista lähestulkoon WLAN-yhteyden kanssa. Käyttäjät ovat tyytyväisiä tähän langattomaan ratkaisuun. Ongelmana on langattoman verkon harvat käyttöpaikat HUS-alueella.

8. POHDINTA

Työni avulla on pyritty hahmottamaan tuleville sairaalafyysikoille datapalvelimen ja tietokantapalvelimen rakennetta, tietoverkkojen toimintoja ja etäyhteyden toimivuutta langattoman tietokoneen avulla esimerkkinä datapaketin kulusta langattomassa verkossa. Palvelinuudistus HUSLAB:ssa helpottaa suurempien datamäärien arkistointia. Ongelmia asettavat epäyhtenäiset tiedostoformaattit.

Langattoman verkon käyttö HUSNET-verkon alueella helpottaa selkeästi verkkoon siirretyn datan lukua verrattuna 3G-yhteyteen. 3G-verkossa rajoittavana tekijänä on verkon kaistan leveys sekä verkkoviive ja HUS-tietoturvaohjelma. Sen seurauksena verkotietokannassa avattu EEG-data sovellusohjelman avulla on todella hidasta lukea. 3G-yhteyden avulla EEG-data määrä on liian suuri kyseiselle tekniikalle hoidettavaksi ja dataa luettaessa sivu jumiutuu ikään kuin paikalleen.

WLAN-yhteys on varteenotettava vaihtoehto nopeutensa ansiosta. Esimerkiksi lääkärit voivat lukea tallennettua EEG-dataa palvelimelta langattomasti HUS-vakioidulla kannettavalla tietokoneella WLAN-tukiasemien alueella HUS:issa tilanteen niin vaatiessa, eikä heidän tarvitse olla fyysisesti potilaan vieressä.

Käytännössä WLAN-yhteyden avulla EEG-datan luku palvelimelta onnistuu vaivattomasti, kunnes yhteysnopeus tippuu 54 Mbps:stä (max) 40 Mbps:iin. Tämän jälkeen datan luku hidastuu huomattavasti, eikä ole järkevää odottaa datasivun vaihtoa liian kauan. Etäisyys kasvaa tukiasemasta sisätiloissa tällöin suuremmaksi kuin 10 metriä. 3G-tekniikan avulla yhteysnopeudet ovat huomattavasti pienemmät ja osa lääkäreistä ei koe mielekkääksi lukea dataa laisinkaan 3G-tekniikan avulla, koska EEG-data sivu vaihtuu liian hitaasti ja diagnosointi kärsii.

Suomessa tehtiin vuonna 2009 operaattorivertailu, jossa selvitettiin suurimpien operaattorien Elisan, Soneran ja DNA:n 3G matkaviestiverkkojen kuuluvuuksia ja datanopeuksia. Kyseessä oli kenttätutkimus 100 eri paikkakunnalla. Kentänvoimaakkuutta tarkastelemalla saatiin tietoa kuuluvuuden laadusta. Näin selvisi, että signaalitaso Elisan verkossa oli korkein sekä tyypillisillä häiriöarvoilla mitatut häiriötasot jäivät alhaisimmiksi myös Elisan verkossa. Datapalvelujen laatua mitattiin datanopeuksien avulla. Elisan verkossa saavutettiin parhaat tulokset. Toiseksi tuli DNA, joka on parantanut tulostaan edellisestä vertailusta. Tasaisen datanopeuden saavuttaminen oli Elisan verkon etu erityisesti 4 Mbps:n alueella. Laaja kuuluvuus ja tiheä verkko pohjautuvat tukiasemasolujen määrään. [23, s. 3.]

Kolmannen sukupolven matkaviestin verkkoja ei WLAN korvaa, vaan täydentää niitä. WLAN-siirtonopeus on omaa luokkaansa sisätiloissa. Paikallaan olevissa päätelaitteissa ominaisuudet vain korostuvat. [13, s. 262.]

Lähdeluettelo

- [1] Kouri, Timo, *Biosignaalitytutkimusten sähköinen tallentaminen ja arkistointi*, Asiantuntijalausunto [verkkodokumentti]. 14.1.2008 [viitattu 10.7.2009]. Saatavissa: https://www.kanta.fi/c/document_library/get_file?uuid=9172d1d5-bb02-4ae3-9756-0953c07317fb&groupId=10206.
- [2] Partanen, Juhani ym. *Klininen Neurofysiologia*. Duodecim. Helsinki Gummerus. 2006.
- [3] Niemelä, Perttu. *Tietokoneavusteinen mittaaminen ja signaalinkäsittely*. Fysikaalisten tieteiden harjoitustyö [verkkojulkaisu]. Syksy 2002. Saatavissa: http://physics.oulu.fi/fysiikka/oj/766107P/2007/Tietokoneavusteinen_mittaaminen_ja_signaalinkasittely_s2007.pdf.
- [4] A.N.T Dokumentation user manual v 1.0 . H.J.W .24.10.2006
- [5] *Instruction manual Grass Telefactor aura-24*. Manual Part number M635A04. United States of America: Astro Med Inc.2004.
- [6] *Medelec Synergy installation guide*. Software sersion 11, Surrey. United Kingdom. Oxford Instruments. 2008.
- [7] *Keypoint Reference manual* . Danmark . August 1999. Medronic Functional diagnostics A/S.
- [8] *NicoletOne vEEG product specifications*. Viasys neurocare Inc. Gracon-Stadler. 2010.
- [9] *Embla titanium-laitteen klininen käyttöopas* versio2.0. D—0705-045. Micromed S.p.A. 2009.
- [10] Suomen Standardisoimisliitto SFS. *Standardit ja standardointi* [verkkodokumentti]. Päivitetty 4/ 2006 [viitattu 10.7.2010]. Saatavissa: <http://www.sfs.fi/files/kk1.pdf>
- [11] Suomen Standardisoimisliitto SFS. *Terveysthuollon tietotekniikan standardiryhmän perustamisseminaari* [verkkodokumentti]. 25.10.2007. [viitattu 10.8.2010]. Saatavissa: <http://www.cs.tut.fi/~varri/tc251/sfs25107.htm>.
- [12] Suomen Standardisoimisliitto SFS. *Terveysthuollon laitteet ja tarvikkeet kansainvälinen standardointi* [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://www.sfs.fi/julkaisut/newapproach/terve.html>.
- [13] Puska, Matti, *Langattomat lähiverkot* , Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy. 2005 .

- [14] Jauhiainen, Jukka, *Alueellisen kuvatietojärjestelmän kehittäminen*. Selvitystyö, FT Oulun Seudun Ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö 6.3 [verkkodokumentti] 30.5.2000. [viitattu 20.8.2010] saatavissa <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:mOmYRWmCngAJ:www.oamk.fi/~jjauhai/Versio2/selvitys-versio-2.doc+biosignaali+%2B+kulku+verkossa&cd=7&hl=fi&ct=clnk&gl=fi>.
- [15] Euroopan data formaatti [verkkosivut, viitattu 1.9.2009] Saatavissa: <http://www.edfplus.info/index.html>.
- [16] Polvinen, Timo . *Tietokannat käytännön työssä*. Porvoo: WSOY:n graafiset laitokset. 1999.
- [17] Paananen, Juha *Tietotekniikan peruskirja*. Porvoo: Docenco Finland Oy. 2005.
- [18] Cisco Press, *Ciscon verkkoakatemia – 2. vuosi*. Helsinki:Edita Publishing Oy.2002.
- [19] Cisco Press, *Ciscon verkkoakatemia – 1. vuosi*. Helsinki: Edita Publishing Oy. 2002.
- [21] IT Press, *Ethernet lähiverkot*. Jyväskylä: Gummerrus. 2000.
- [22] Lehdistö tiedote 4.2.2008 [verkkodokumentti, viitattu 30.10.2009]. Saatavissa: http://www.cisco.com/web/FI/press/press_releases/2008/tiedote_20080204.html.
- [23] *Operaattorivertailu*, selvitys Suomessa toimivien 3G-matkaviestinverkkojen kuuluvuudesta ja datanopeudesta, ECE, FI-02150 Espoo[verkkodokumentti, viitattu 30.10.2009]. Saatavissa: <http://www.elisa.fi/ir/docimages/attachment/Kuuluvuustutkimus%20-%20kevat%202010.pdf>.